Escola de Camins
Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Camins, Canals i Ports
UPC BARCELONATECH

TESIS DE MÁSTER

Máster

Máster en Ingeniería Civil

Título

ANÁLISIS Y DIMENSIONAMIENTO DEL SERVICIO DE TAXI EN UNA CIUDAD

Autor

Delcy Mayerling Solar Santos

Tutores

Francesc Robuste Anton / Miguel Angel Estrada Romeu

Intensificación

Transporte, Urbanismo y Ordenación del Territorio

Fecha

Julio de 2013

A mi Familia

"Mientras más difícil se haga mi camino, Dios multiplicará mis fuerzas y mientras más fuertes se hagan mis pruebas más grande será mi victoria".

RESUMEN

El taxi es un modo de transporte público que ofrece un servicio rápido, cómodo, y puerta a puerta a los usuarios. Se encarga de captar la demanda que por restricciones temporales no pueden satisfacer el transporte público colectivo ni el privado, por lo cual es un servicio necesario en las ciudades, que se complementa con los otros sistemas de transporte público con el objetivo de ofrecer una mejor movilidad. El taxi ofrece sus servicios teniendo en cuenta los siguientes aspecto: Capacidad del vehículo, donde puede transportar desde un pasajero hasta nueve o diez dependiendo el tipo de modelo; según el volumen de viaje, puede brindar un servicio individual o colectivo; en cuanto a la regularidad, ofrece un servicio discrecional y para acceder al servicio puede hacerse por medio de una radioemisora o utilizando una parada de taxi o simplemente haciendo una señal con la mano en la calle.

La metodología propuesta consiste en recopilar los parámetros y variables utilizadas en el análisis de eficiencia del servicio de taxi, tal como es ofrecido y percibido por los ciudadanos, buscando determinar las condiciones óptimas del mercado. Con lo cual se calcula la rentabilidad económica del taxista y se minimiza un sistema de coste. Paralelo a esto se desarrolla una herramienta informática que facilite un mejor análisis del servicio.

La aplicación se ha realizado a la ciudad de Barcelona, ciudad importante de España, con una población superior a tres millones de habitantes y con una superficie de 101,9 km^2. El sector del taxi es gestionado por el Instituto Metropolitano del Taxi - IMET-, organismo público encargado de controlar y determinar el número de licencias y credenciales, además las tarifas y las condiciones de los vehículos. Con unos ingresos anuales de 43634,11 euros y unos costes anuales de 40081,92 euros por taxista se alcanza el beneficio empresarial razonable cuyo nivel de referencia es de 3455,35 euros, siendo la actividad del taxista rentable en la ciudad de Barcelona.

En cuanto a la oferta de taxis, es baja durante la jornada nocturna donde la demanda es considerablemente superior, con lo cual se genera importantes tiempos de espera por parte de los usuarios que quieren utilizar este modo de servicio. Por otra parte el coste del usuario disminuye a medida que aumenta el número de vehículos a diferencia del conductor que su coste aumenta para un mismo nivel de demanda.

Sería ideal que en la ciudad de Barcelona, el número de vehículos ofertados se encuentre alrededor de la flota óptima (104 taxis en despachos y 1398 taxis en carreras) ya que así se logrará minimizar los costes del sistema.

ABSTRACT

Taxis are a public mean of transport that offers a fast, comfortable and door-to-door service to the users. They catch the demand that, due to temporal restrictions, cannot be satisfied by either public or private collective transport, thus being a necessary service in cities which complements other means of public transport in order to yield a better mobility. The taxi offers its services taking into account the following aspects: capacity of the vehicle, where it can transport from one up to nine passengers depending on the vehicle's model; the trip volume, where it can offer either an individual or collective service; and regularity, where it offers a discretionary service that can be occupied by means of a radio station, a taxi stop of simply by a hand sign on the street.

The proposed methodology consists on collecting the used parameters and variables on the efficiency analysis of the taxi service, as offered and perceived by citizens, in order to determine the optimal conditions of the market, hence calculating the economic profitability of the taxi driver and minimizing a system of costs. Simultaneously, an informatic tool is developed in order to facilitate the analysis of the service.

The application has been carried out in the city of Barcelona, an important city of Spain, with a population above three million inhabitants and a surface of 101.9 km^2. The taxi sector is managed by the Instituto Metropolitano del Taxi -IMET-, a public organism in charge of controlling and determining the number of licenses and credentials, an addition to the fares and conditions of the vehicles. With annual incomes of 43634.11 euros and annual costs of 40081.92 by taxi driver, a reasonable profit is obtained with a reference level of 3455.35 euros, being the activity of the taxi driver profitable in the city of Barcelona.

As for the taxi offer, it is low during the night journey whereas the demand is considerably superior, thus generating long waiting times for the users who want to utilize the service. On the other hand, the user cost decreases as the number of vehicles increases, in contrast to the driver cost that increases for the same level of demand.

Ideally, in Barcelona city, the number of offered vehicles should be near the optimum fleet (104 taxi in dispatch and 1398 in taxi jorneys) in order to minimize the costs of the system.

AGRADECIMIENTOS

La experiencia de vida que he obtenido en esta bonita ciudad con los años estudiados en tan importante universidad va acompañada del profundo agradecimiento a Dios y a todas y cada una de las personas que contribuyeron con ésta maravillosa oportunidad de hacer de este sueño, una realidad.

Mis agradecimientos para Francesc Robuste Anton y Miguel Angel Estrada Romeu, tutores de este Trabajo Final de Máster, por su ayuda y su apoyo durante la realización de esta tesina, así como su total disponibilidad para resolver las dudas que se me iban presentando.

Agradecer también a Patricia Rocío Terán del departamento de prensa y comunicación IMET por su colaboración.

Muchas gracias a mi amigo y compañero de Máster David González por sus comentarios oportunos y manifestaciones de entusiasmo permanente y a Norbey Feo por su asesoría.

Esta tesina va dedicada a mi familia, lo más importante en mi vida, por su apoyo infinito y colaboración incondicional especialmente mi madre, fuente de inspiración para salir adelante, a Tata por su motivación a pesar de la distancia, Muchas gracias.

ÍNDICE

Pág.

RESUMEN ..... **I**

ÍNDICE ..... **IV**

LISTA DE TABLAS ..... **VI**

LISTA DE FIGURAS ..... **VIII**

1. INTRODUCCIÓN **1**

1.1. Antecedentes 1

1.2. Objetivos 2

1.3. Estructura de la tesina 3

2. ESTADO DEL CONOCIMIENTO **5**

2.1. Aspectos generales del servicio de taxi 5

2.2. Economía del taxi 8

1.3.1. Producción de transporte: análisis formal 11

1.3.2. Eficiencia y productividad 12

1.3.3. Tipos de mercado 16

1.3.4. Equilibrio del mercado 18

1.3.5. Modelación del mercado 21

1.3.6. Tarifa 25

1.3.7. Ingresos 27

1.3.8. Tipos de costes 28

1.3.9. Rentabilidad económica 30

1.3.10. Externalidades negativas 30

2.3. Papel regulador de la administración 32

2.3.1. Regulación de la calidad 32

2.3.2. Regulación de la conducta del mercado 33

2.3.3. Regulación de cantidad 35

2.3.4. Otras regulaciones 38

3. EQUILIBRIO DEL SISTEMA (METODOLOGÍA) **41**

3.1. Definición de parámetros y variables 41

3.2. Obtención de los parámetros y variables 45

3.2.1. Número de servicios o carreras 45
3.2.2. Kilometraje 45
3.2.3. Jornada laboral 46
3.2.4. Tiempo entre carreras 46
3.2.5. Precio del servicio o carrera 46
3.2.6. Oferta de taxis 47
3.2.7. Tiempo de viaje 49
3.2.8. Tiempo de espera 50
3.2.9. Tiempo de acceso 52
3.2.10. Valor del tiempo 52

3.3. Rentabilidad económica del taxista 53
3.3.1. Costes 53
3.3.2. Ingresos 63
3.3.3. Beneficio empresarial razonable 64

3.4. Minimización de un sistema de coste 64

3.5. Sistema de análisis del servicio de taxis - SAST 69

4. APLICACIÓN CASO REAL (ANÁLISIS DE RESULTADOS) 71

4.1. Caracterización del escenario 71

4.2. Rentabilidad económica del taxista 76

4.3. Sistema de costes 80

5. CONCLUSIONES 89

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 91

ANEXOS A-1

Anexo A1: Funcionamiento de SAST A-3

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 2.1. *Clasificación general de las actividades del transporte en taxi.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)…….. 5

Tabla 2.2. *Indicadores técnicos y económicos utilizados en el transporte.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)…….. 16

Tabla 2.3. *Determinantes de la demanda de transporte.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)…… 19

Tabla 2.4. *Esquema de una tabla de tarifa*……... 27

Tabla 2.5. *Riesgo al desplazarse en distintos medios de transporte por carretera en los países de la Unión Europea.* (Fuente: OMS, 2004)..... 32

Tabla 2.6. *Descanso semanal en horario diurno en días laborales.* (Fuente: IMET)……. 40

Tabla 2.7. *Descanso semanal en horario diurno en fines de semana.* (Fuente: IMET)…….. 40

Tabla 2.8. *Descanso semanal en horario nocturno días laborales.* (Fuente: IMET)……. 41

Tabla 3.1. *Parámetros considerados en el análisis del servicio de taxi..* 45

Tabla 3.2. *Variables consideradas en el análisis del servicio de taxi…..* 46

Tabla 3.3. *Números de vehículos por hora que ofrecen el servicio en una semana tipo.* (Fuente: Opinòmetre, 2007)…… 51

Tabla 3.4. *Parámetros de redes propuestas por Smeed y Holroyd.* (Fuente: Zamora, 1996)……..... 53

Tabla 4.1. *Tarifas urbanas e interurbanas. (Fuente: IMET)*……... 76

Tabla 4.2. *Antigüedad del parque de vehículos. (Fuente: IMET)*……. 78

Tabla 4.3. *Zonas de la región metropolitana de Barcelona. (Fuente:* 79

Cenit, 2010)……

Tabla 4.4. *Definición de la carrera media, Barcelona – Ciudad. (Fuente: IMET)*…….... 81

Tabla 4.5. *Resumen – Rentabilidad del taxista*……..... 83

Tabla 4.6. *Números de vehículos por hora que ofrecen el servicio en una semana tipo en la ciudad de Barcelona*…….. 84

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Fig.2.1. *La decisión de mantenimiento o renovación de flota.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)…… 11

Fig.2.2. *Eficiencia técnica en el transporte.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)…….. 14

Fig.2.3. *Dimensiones del análisis de indicadores del transporte.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)…… 15

Fig.2.4. *Tamaño de la flota vs información sobre la demanda disponible por el taxista (parámetro θ).* (Fuente: Yang y Wong, 1998.)…….. 21

Fig.2.5. *Organigrama funcional del sector del taxi con respecto a las licencias*……... 37

Fig.2.6. *Organigrama funcional del sector del taxi con respecto a las credenciales*…….. 38

Fig. 3.1. *Esquema de la metodología seguida para el análisis del servicio de taxi en una ciudad*…… 41

Fig. 3.2. *Comportamiento del taxi j en la hora i* (Fuente: Amat, 2010)……. 45

Fig. 3.3. *Diagrama de velocidad de un ciclo tipo.* (Fuente: Amat, 2010)……. 47

Fig. 3.4. *Metodología para el cálculo de la rentabilidad económica del taxista*…… 53

Fig. 3.5. *Fase I de SAST*…… 70

Fig. 3.6. *Fase II de SAST*……... 70

Fig. 4.1. *División de la región metropolitana de Barcelona (65 zonas). (Fuente: Cenit, 2010)*..... 71

Fig. 4.2. *Origen y destinos de los viajes en Barcelona – Ciudad.(Fuente: Cenit, 2010)*…….. 75

Fig. 4.3. *Oferta de taxi en día laboral y en fin de semana*…….. 81

Fig. 4.4. *Oferta promedio en un día laboral y en un fin de semana*……. 82

Fig. 4.5. *Oferta de una semana tipo días laborales y fin de semana*….. 82

Fig. 4.6. *Porcentaje de la forma de acceder al servicio (carrerras, despachos y paradas) de taxi en un día laboral y en un fin de semana*…….. 82

Fig. 4.7. *Tiempo de espera en día laboral para un mercado de carreras, despachos (a) y paradas de taxis (b)*…….. 84

Fig. 4.8. *Comportamiento del tiempo en función del número de vehículos.*…… 84

Fig. 4.9. *Coste de usuario en carreras (a) y en despachos (b) en un día laboral*…….. 85

Fig. 4.10. *Costes de usuario en un día laboral (a) y en un día de fin de semana (b)*……..... 85

Fig. 4.11. *Coste del conductor vs N° de taxis*…….. 86

Fig. 4.12. *Coste óptimo del sistema (a) y tiempo de espera mínimo para la flota óptima (b)*…… 87

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

Hoy día el taxi en sus diversas representaciones sigue siendo una de las formas más antiguas y más reconocibles de transporte público. Esto no quiere decir que otras formas de transporte no han existido en paralelo con él, sino más bien que la historia del taxi es significativa y afecta a nuestro entendimiento actual, respecto a la modalidad y su funcionamiento.

El taxi moderno debe su diseño y naturaleza de sus actuales operaciones a su significativa historia. No hay duda de que el concepto de un vehículo compartido operado a favor de una recompensa ha estado desde de los orígenes de los propios vehículos. La aparición visible de un taxi se puede remontar a los vehículos de alquiler en París, de los años 1640, aproximadamente.

El taxi es un modo de transporte público que ofrece un servicio rápido, cómodo, y puerta a puerta a los usuarios, además de privacidad a estos. Se encarga de captar la demanda que por restricciones temporales no pueden satisfacer ni el transporte público colectivo ni el privado. Con lo cual es un servicio necesario en las ciudades, que se complementa con los sistemas de transporte público con el objetivo de ofrecer una mejor movilidad.

El sector del taxi ha sido tradicionalmente un mercado regulado en términos de tarifas y del control de entrada. Tarifas que se regulan con la fijación de un precio por kilómetro y un precio por hora, la cual se aplica alternativamente en función de la velocidad de circulación. Cuando la velocidad de circulación es inferior a la velocidad del cambio de arrastre, el cálculo del importe del servicio se basa en la aplicación de la *tarifa temporal* y cuando la velocidad es superior a la velocidad del cambio de arrastre este cálculo se basa en la aplicación de la *tarifa kilométrica*. Sabiendo que la velocidad del cambio de arrastre es la velocidad que resulta de dividir el valor correspondiente a la tarifa temporal (precio por hora de servicio) por el valor correspondiente a la tarifa basada en la distancia (tarifa kilométrica). Los cambios en la tabla de tarifas tienen un impacto directo en el precio que se paga, los cálculos de la tarifa establecen la estabilidad entre los viajes y un elemento de control reglamentario para que los clientes reciban un trato justo y sin prejuicios.

La regulación en el control de entrada busca corregir los defectos del sector del taxi, tales como la congestión y la contaminación, bajo el nivel de servicio ofrecido. Una distinción fundamental en los tipos de regulaciones del taxi es entre regulación de cantidad (precios y la restricción de entrada), regulación de calidad (estándar de vehículos, conductor) y la regulación de la conducta del mercado (normas relativas para recoger a los pasajeros o la afiliación red radiofónica).

Las justificaciones más comunes que se utilizan para controlar la entrada al mercado de los taxis son la protección de los ingresos de los taxistas y las externalidades (contaminación y congestión) causadas por los taxis que circulan, pero cuando las decisiones se toman sin una buena justificación o plan de aplicación, las restricciones de entrada y regulaciones de la tarifa económica están distorsionando el sector del taxi, conduciendo a pérdidas de bienestar importantes.

Este trabajo de Final de Máster constituye un estudio sobre el servicio de taxi en una ciudad centrándose en la eficiencia tal y como es ofrecida y percibida por los usuarios; eficiencia que es traducida en términos de rentabilidad económica del ejercicio de la actividad y el papel de la administración con ente regulador en la entrada del sector definiendo el tamaño óptimo de la flota.

1.2. Objetivos

Este trabajo de investigación tiene como objetivo general recopilar, analizar y modelizar los aspectos de diseño del servicio de taxi en una ciudad, atendiendo a la eficiencia tal y como es ofrecida y percibida por los ciudadanos y a la estructura y sustentabilidad económica del sector definiendo el papel regulador de la administración.

Como objetivos específicos se tiene:

- ✓ Analizar el comportamiento de la oferta – demanda del sistema.
- ✓ Analizar y determinar la rentabilidad económica del taxista con el fin de evaluar el desarrollo de su actividad profesional.
- ✓ Definir el papel regulador de la administración frente al servicio de taxi, con el fin de mejorar la ordenación de la cantidad (tamaño óptimo de la flota).
- ✓ Desarrollar una herramienta informática que permita de una forma fácil y rápida analizar la eficiencia del servicio de taxi en una ciudad.

1.3. Estructura de la tesina

Este documento está pensado y estructurado para responder a los objetivos planteados en la tesina de la manera más ordenada y directa posible. Se presentarán tres partes o capítulos sin contar con la actual introducción y el capítulo final de conclusiones.

En la primera parte, compuesta por el capítulo 2 se hará una descripción o conceptualización de los aspectos generales de un servicio de taxi ya que un lector no demasiado habituado con el taxi requerirá de una primera puesta en situación antes de entrar en la investigación propiamente dicha.

Dado que el objetivo principal es analizar los aspectos de diseño del servicio de taxi en una ciudad, se estudian los principios y las teóricas clásicas realizadas por los expertos en la materia desde el punto de vista de la economía del taxi y del gobierno como ente regulador del servicio en busca de mejorar la ordenación de la cantidad.

La segunda parte del documento constituida por el capítulo 3, presentará la metodología utilizada para analizar el servicio de taxi en una ciudad, atendiendo a la eficiencia (oferta y demanda de usuarios), la estructura y sustentabilidad económica del sector y el papel regulador de la administración.

La situación práctica y analítica de la tesina se presenta en la tercera parte del documento en el capítulo 4, en el cual se detalla el empleo de la metodología sobre una ciudad escogida, en este caso, La ciudad de Barcelona para luego analizar y comentar los resultados obtenidos.

Por último, (Anexo 1) se explicará el funcionamiento de la herramienta informática desarrollada y utilizada para analizar la eficiencia del servicio de taxi en una ciudad.

CAPÍTULO 2

ESTADO DEL CONOCIMIENTO

El transporte de taxi puede definirse como el conjunto de actividades económicas que permiten el movimiento de una persona y/o pequeños grupos de personas de un lugar a otro. La tabla 2.1 resume la clasificación general de las actividades del transporte en taxi. De forma natural, cada uno de los cinco criterios utilizados corresponde a las cinco preguntas elementales asociadas a cualquier actividad de transporte: *¿Qué se transporta? ¿Cómo? ¿A cuanta distancia? ¿Con que regularidad? y ¿Qué relación existe con el usuario?*

Tabla 2.1. *Clasificación general de las actividades del transporte en taxi.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)

¿Que se transporta?	Pasajeros
¿En qué medio?	Transporte terrestre – por carretera
¿A qué distancia?	A corta/mediana distancia
¿Con que regularidad?	Transporte discrecional
¿Cuál es la relación entre el transportista y el usuario?	Transporte público (colectivo) o por cuenta particular.

2.1. Aspectos generales del servicio de taxi

El taxi es un modo de transporte público de alquiler que puede ser utilizado por cualquier persona que pague una tarifa en vehículos operados por un chofer o empleado ajustándose a los deseos cumplidos de movilidad del cliente, debido a su rapidez, a su atributo puerta a puerta, a la privacidad, al confort, al tiempo de operación y a la falta de tarifas de estacionamiento. Mencionadas estas características, el taxi oferta su servicio teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

Capacidad del vehículo

En cuanto a la *capacidad del vehículo* el sector del taxi puede clasificarse en moto-taxi, en turismo o taxi tradicional y en minivans ya que estos pueden transportar desde un pasajero hasta nueve o diez dependiendo el tipo de modelo.

- ✓ ***Moto-taxi***

Es un modo de transporte público, en el cual se transporta un pasajero (a veces dos o más) que se monta detrás del conductor de la motocicleta en el mismo asiento como acompañante. La velocidad media es más alta debido a su flexibilidad de rutas en comparación con un sistema de autobús o el propio taxi tradicional.

- ✓ ***Turismo o taxi tradicional***

Vehículos privados utilizados para ofrecer un servicio de transporte público rápido de puerta a puerta, con privacidad y confort a viajeros con una capacidad de cinco o seis plazas aproximadamente, incluida la de la persona que conduce.

- ✓ ***Minivans***

Valenzuela et al. (2005) las define como el servicio privado de mini autobuses operados por y para las poblaciones de inmigrantes, como respuesta a la falta de autobuses públicos y a la limitación de las poblaciones entrantes para obtener licencia de conducción. Cervero (1998) argumenta que los mini autobuses privados manejados informalmente ofrecen un servicio complementario para funcionar junto al tránsito público existente.

Cabe destacar que este trabajo enfocará su desarrollo en el servicio de taxi tradicional o turismo con lo cual a continuación se presenta aspectos generales de dicho servicio.

Volumen de viajes

Según el *volumen de viajes*, el taxi tradicional puede ofrecer un servicio de transporte individual o colectivo, es decir, realiza un servicio individual cuando este le sirve a una persona o a un grupo organizado de pasajeros que viajan a un mismo destino y realiza un servicio colectivo cuando traslada a un grupo de pasajeros sin ninguna relación entre sí y con destinos diferentes.

Regularidad del servicio

Si se habla de *regularidad del servicio*, el taxi en turismo ofrece un servicio discrecional, en donde no existen frecuencias predeterminadas para la prestación de dicho servicio, es decir, los viajes se llevan a cabo sin sujeción a itinerarios, a calendarios ni a horarios preestablecidos.

Acceso

Existen tres formas de *acceder a un servicio* de taxi en turismo:

- ✓ ***Paradas de taxi***

El objetivo principal de un taxi en parada es definir una ubicación segura en la cual los pasajeros puedan contratarlo. Las paradas pueden ser percibidas como las probabilidades ofrecidas de taxis disponibles, a diferencia de una mayor incertidumbre en la contratación de un taxi en la calle. Los taxis y los clientes están formando colas reguladas por un sistema FIFO.

Las desventajas son que debido a la política de FIFO el precios establecido no tiene efectos sobre la elección de los clientes y los clientes deben caminar hasta la parada de taxis más cercana (Salanova et al. 2011). Las paradas de taxis también ofrecen a los taxistas la ventaja del lugar donde se reunirán los futuros pasajeros.

- ✓ ***Carreras de taxi***

Las carreras de taxi al igual que los taxis en paradas tiene una larga espera. Los taxis en la calle van en busca de clientes y son contratados por un pasajero con la intención de parar un taxi desocupado. En la mayoría de los casos, los mismos vehículos operan tanto en el mercado de paradas como en el mercado de carreras, pero esto puede variar según la ubicación. Además el número de paradas disponibles y la actitud de una ciudad en particular hacia la demanda de paradas pueden influir en el número real de carreras de taxi, en lugar de ser contratados en una parada. En algunos lugares, especialmente en ciudades estadounidenses, destacando Nueva York se observa un fuerte predominio de carreras de taxis (TLC, 2007).

- ✓ ***Taxis despachados***

Los taxis pre-reservados o despachados (*dispatched*) representan un tercer método de contratar un taxi, son vehículos con licencia que solo pueden operar por un acuerdo previo. Los taxis disponibles para la pre-reserva son la innovación más reciente derivada de la elaboración y el uso generalizado de las tecnologías de telefonía y de radio. El taxi despachado está controlado por una

oficina central *dispatcher*, asignando por lo general al vehículo más próximo o más apropiado.

Otra innovadora forma de acceder a un servicio de taxi sin necesidad de utilizar una radioemisora es a través del navegador, que se solicita de una manera rápida, personalizada, transparente y cómoda al servicio, solo basta tener en su teléfono móvil la aplicación ya sea *my Taxi* o *Goo Taxi.* Estas redes proveen de tecnología de flotas de taxi en cada ciudad y es un sistema de localización que permite que las peticiones se asignen de forma automática al taxista más cercano que gracias a la identificación de clientes y taxistas permiten mayor control de la calidad del servicio.

2.2. Economía del taxi

En cualquier actividad de transporte, la producción requiere combinar ciertos factores productivos o *inputs* para obtener como resultado distintos niveles de producción u *outputs.* La relación entre *inputs* y *outputs* se formaliza a través del concepto de *función de producción*.

Se considera que una función de producción representa todos los niveles *output* técnicamente eficientes que pueden obtenerse a partir de distintas combinaciones de *inputs*. Formalmente, en la producción de servicios de transporte esta relación tecnológica puede representarse como una función matemática del tipo:

$$q = f(K, E, L, F, N; t) \qquad (2.1)$$

La función (2.1) indica que para producir cierta cantidad de servicios de transporte (q) es necesario utilizar algunas unidades de infraestructura (K) por ejemplo, el número de carriles de una carretera, junto con algún tipo de vehículo o equipo móvil (E), personal para conducirlo y realizar otras actividades de apoyo (L); energía, combustible, repuestos y otros consumibles que permitan el movimiento de dichos vehículos (F), además de otros activos (N), que incluyen principalmente los recursos naturales como el suelo. Finalmente, y a diferencia de otras actividades productivas, en la producción de servicios de transporte también se consume tiempo de los usuarios (t), mientras son trasladados de un lugar a otro.

En el transporte de viajeros por carreteras de viajeros las empresas proveedoras de los servicios aportan los vehículos, el personal y el combustible, pero utilizan carreteras que no constituyen un *input* de propiedad de la empresa. En algunos casos esa infraestructura es de libre acceso y por tanto no supone un coste directo para la empresa, pero en otros se puede utilizar autopistas de peaje por lo que debe pagarse por su uso.

Tiempo de los usuarios como factor productivo

A pesar de ser un *input* utilizado para la producción de servicios de transporte, como muestra la función de producción (2.1), el tiempo no es un recurso aportado por las empresas productoras sino por los usuarios. Cada servicio de transporte es una actividad económica no almacenable que consume tiempo de los usuarios, ya sean éstos pasajeros.

Cuando un viajero decide desplazarse entre el punto de origen y el punto de destino, además de utilizar un vehículo (taxi), consume energía (combustibles), hace uso de una infraestructura (carreteras y aparcamientos) y emplea el factor trabajo (conductor del taxi).

Pero además de estos factores, el viajero también está invirtiendo también un recurso escaso y no transferible: su propio tiempo, que es gastado sin posibilidad de utilización alternativa y aunque el tiempo de viaje pueda utilizarse simultáneamente para actividades de ocio o profesionales dentro de los vehículos, esto solo afecta al valor del tiempo invertido, pero no evita en ningún caso el tener que realizar dicha inversión.

El consumo de tiempo de los usuarios es, por tanto, una característica distintiva de la producción de cualquier actividad de transporte. Sin embargo, no se trata de un *input* totalmente exógeno, ya que en parte depende de cómo se combine el resto de factores.

Vehículos, trabajo y energía

El equipo móvil (E) está formado por los vehículos utilizados para prestar servicios, éstos pueden pertenecer al agente que suministra directamente el servicio o bien a un tercero que los alquila o cede a quien presta finalmente el servicio a los usuarios.

La posibilidad de alquilar o de usar vehículos de distintos tamaños hace que resulte relativamente fácil aumentar la cantidad de *output* que se puede producir con ellos. Sin embargo, cuando esta flexibilidad no existe y las posibilidades de ajustar el equipo móvil están limitadas, suelen aparecer restricciones de capacidad asociadas a los vehículos. La capacidad de carga máxima de una empresa es equivalente a la capacidad máxima de una infraestructura ya que ambas imponen un límite superior a la producción de la actividad de transporte. Para superar este límite el transportista debe incrementar el número de vehículos o aumentar el tamaño medio de su flota.

El factor L representa el nivel de empleo contratado por el productor de la actividad de transporte y suele medirse como el número total de trabajadores de una empresa en un momento de tiempo determinado. En el transporte por

cuenta propia, el trabajo es aportado por el propio usuario (al conducir, por ejemplo, su automóvil privado), por lo que forma parte del coste imputable a éste.

El tratamiento de la energía (F) es muy similar al dado al factor trabajo. Este *input* engloba genéricamente al conjunto de factores productivos cuyo consumo permite que funcione tanto el equipo móvil como el resto de maquinaria e instalaciones asociadas a la producción de actividades de transporte. De la misma forma que en el caso de trabajo, se trata de un factor heterogéneo que incluye desde los combustibles y lubricantes derivados del petróleo que usan la mayoría de los vehículos hasta la energía eléctrica utilizada en la explotación y mantenimiento de algunas infraestructuras complementarias (iluminación de carreteras).

Ciertos *inputs* complementarios, como los repuestos y consumibles vinculados al uso de los vehículos (neumáticos, piezas de motor, etc.), pueden ser tratados de la misma forma que la energía, aunque en algunas actividades del transporte terrestre (taxi) puedan convenir puntualmente considerarlos por separados debido a su importancia relativa dentro de las partidas de gastos de las empresas.

Los recursos naturales

Estos factores son generalmente aportados por la sociedad en su conjunto para que se lleven a cabo las actividades de transporte. Su uso está relacionado con la ubicación física de las instalaciones, las vías y los derechos que de paso las conectan. Se trata, sin embargo, de un *input* particular ya que al igual que lo que sucedía con el tiempo de los usuarios, los recursos naturales no son un factor que sea propiedad de las empresas productoras de actividades de transporte y que en muchas ocasiones son utilizados sin necesidad de tener que pagar un precio por ellos.

Precisamente debido al hecho de que el *input* N sea habitualmente aportado por la sociedad y las empresas no asuman el coste de su utilización, surge el problema de la *externalidades* que se generan en la producción y consumo de las actividades de transporte. Las externalidades se refieren a impactos derivados de las acciones de productores y usuarios, cuyo coste recae sobre la sociedad en su conjunto. Por el contrario, los costes del resto de los *inputs* que han sido incluidos en la función de producción recaen sobre los usuarios (tiempo, t) o sobre los productores de transporte (factores K, E, L y F).

1.3.1. Producción de transporte: análisis formal

El mapa de producción representado en la figura 2.1 refleja una de las decisiones operativas más comunes en las actividades del transporte de taxi: la elección entre gastos de mantenimiento frente a la renovación de la flota.

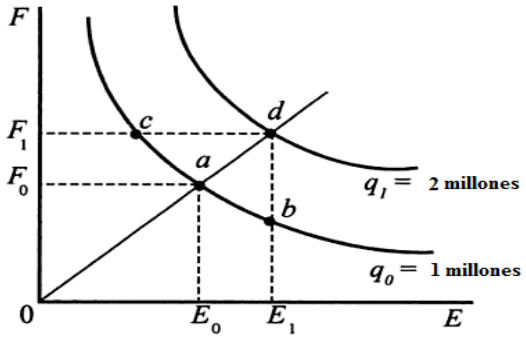


Fig.2.1. *La decisión de mantenimiento o renovación de flota.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)

Como puede observarse, un mismo nivel de producción de servicios (por ejemplo, $q_0 = 1$ millón de servicios anuales) puede conseguirse con distintas combinaciones de números de taxis E y gastos de mantenimiento F. La línea que representa estas combinaciones de factores para llegar a la misma producción y que en este caso se supone continua, se denomina *curva isocuanta.* Su interpretación es la siguiente: En un punto *a* la compañía realiza 1 millón de servicios anuales utilizando E_0 taxis con un gasto total en reparaciones igual a F_0. La misma cantidad de servicios se podrían realizar adquiriendo más taxis y gastando menos en el mantenimiento de la flota antigua (situándose por ejemplo en el punto *b*), o con menos taxis que deberían ser reparados con mayor frecuencia (eligiendo un punto *c*). En cada uno de esos puntos las cantidades totales de cada *inputs* son diferentes, pero la producción total es la misma ($q_0 = 1$ millón). Por el contrario, en la curva isocuanta $q_1 = 2$ millones la compañía realiza el doble de servicios anuales, por lo que requiere mayores consumos de factores productivos.

Cuando la empresa se desplaza entre distintos puntos sobre una misma *isocuanta* está reduciendo el consumo de un factor a cambio de incrementar la cantidad consumida del otro, manteniendo constante el nivel de producción. En la figura 2.1, la tasa a la que se sustituye el factor F por el factor E puede determinarse gráficamente como la pendiente de la isocuanta $\left({}^{dF}/_{dE}\right)$. Se observa que dicha pendiente disminuye a medida que se tiene menos cantidad del factor F.

Esta tasa de sustitución entre dos factores *i* y *j* se denomina *relación técnica de sustitución* (RTS_{ij}) y depende del grado de convexidad de las curvas isocuantas. De forma general la RTS_{ij} depende de las cantidades que se emplean de cada factor y del producto marginal que aporta cada uno de ellos, y va cambiando al modificarse la combinación de factores. Para ilustrar esta idea podemos considerar que la función de producción asociada a la compañía de taxi de la figura 2.1 viene dada por:

$$q = f(E, F) \tag{2.2}$$

Economía de escala

Si la empresa de transporte duplica la cantidad de todos sus factores y su producción aumenta exactamente el doble, estaríamos ante un caso de *rendimientos constaste a escala.* Si la producción aumenta más del doble estos rendimientos a escala serían crecientes, mientras que serían decrecientes en caso contrario.

A partir de la función de producción $q = f(E, F)$ definida en (2.2), si λ > 0 representa la proporción en la que se incrementan todos los *inputs*, los rendimientos constantes a escala implicarían que:

$$f(\lambda E, \lambda F) = \lambda f(E, F) = \lambda q \tag{2.3}$$

Mientras que bajos rendimientos crecientes a escala se verificaría que $f(\lambda E, \lambda F) > \lambda q$ y con rendimientos decrecientes a escala se tendría que $f(\lambda E, \lambda F) < \lambda q$. El concepto de rendimientos a escala desempeña un papel muy relevante sobre los costes y también en las posibilidades de existencia de competencia entre empresas.

El taxi no presenta economías de escala significativas debido a que el mínimo coste operacional del sistema es l/v, es decir, el tiempo en que el taxi está proporcionando un servicio al usuario, incluso cuando la densidad de la demanda tiende a cero. (Amat, 2010).

1.3.2. Eficiencia y productividad

Una empresa se considera eficiente cuando lleva a cabo una producción determinada con la mínima cantidad de recursos que sea factible. Claramente, este concepto económico de eficiencia está directamente relacionado con la función de producción descrita anteriormente (vea expresión (2.1)), ya que esta función es una forma de representar precisamente las combinaciones de

cantidades mínimas de factores para llevar a cabo la producción de los servicios de transporte.

Por otra parte se habla de eficiencia técnica o productiva, cuando una empresa escoge las cantidades mínimas de factores para llevar a cabo la producción, es decir, no se produce derroche de recursos en ninguno de los *inputs*. De acuerdo con este concepto, todos los puntos de una curva isocuanta son soluciones eficientes, mientras que los puntos por encima de una isocuanta corresponden a empresas ineficientes.

Se define así un segundo concepto que es la *eficiencia económica* y que cuestiona si una empresa está minimizando los costes para llevar a cabo la producción. Generalmente, sólo uno de los puntos de una curva isocuanta va a ser la combinación óptima de factores desde el punto de vista de la eficiencia económica.

Es posible comparar, dos empresas de la misma industria que lleven a cabo una producción similar pero que empleen combinaciones diferentes de factores productivos. Pese a que ambas puedan resultar técnicamente eficientes, lo cual significaría que estarían situadas sobre una misma curva isocuanta o, lo que es lo mismo, que ambas consiguen la máxima productividad de los factores empleados, generalmente los costes de una de las empresas serán mayores que los de la otra. Desde un punto de vista social, para llevar a cabo la producción de un mismo servicio de transporte, será preferible la empresa de menor coste ya que puede conseguirse el servicio con un empleo más adecuado de los *inputs* y eso puede traducirse en menores precios para los usuarios finales.

Para que una empresa lleve a cabo la producción de un determinado nivel de servicio q_0 con los mínimos costes factibles debe escoger una combinación de cantidades de *inputs* que se halle en la curva isocuanta q_0 y que cumpla la siguiente condición para cada par de factores *i, j:*

$$RTS_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \tag{2.4}$$

Siendo w_i, w_j los precios de los factores *i y j,* respectivamente, la intuición que nace tras estas condiciones es que si la empresa puede sustituir unos factores por otros debe hacerlo teniendo en cuenta los precios de los mismos, de manera que se llegue a equilibrios en los cuales si se cambiase una unidad más del factor *i* por el factor *j* se conseguiría la misma producción, pero se elevarían los costes para la empresa.

La figura 2.2 ilustra estos dos conceptos de eficiencia técnica y eficiencia económica para una empresa de transporte, a partir de una curva isocuanta correspondiente a una función de producción del tipo $q = f(K, L)$, donde *L* es el factor de trabajo y *K,* es el factor de capital (vehículos). Cualquier combinación

(K, L) situada sobre la isocuanta $q = q_0$ (por ejemplo, el punto *a* o el *b*) resulta técnicamente eficiente para producir esa cantidad de pasajero-kilometro. Sin embargo, producir el mismo nivel de *output* con la combinación de factores representada en *c* (o, en general, cualquier punto que esté situado por encima de la isocuanta) es ineficiente desde el punto de vista productivo, ya que se gastan más recursos de los necesarios. La ineficiencia se podría incluso cuantificar: en el punto c, para producir q_0 se gasta 4 unidades más del factor *L* en comparación con el punto *a*, o bien se invierten 12 unidades de capital de más en relación con el punto *b*.

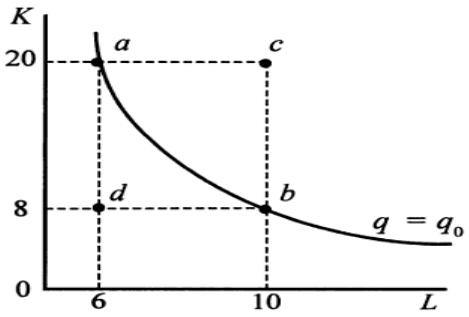


Fig.2.2. *Eficiencia técnica en el transporte.* (Fuente: De Rus, et al. 2003).

Los puntos por debajo de la isocuanta (*d*, por ejemplo) no son ineficientes, sino técnicamente no factibles para producir la cantidad $\boldsymbol{q_0}$. Por ello, la isocuanta define una "frontera" que separa lo que no se puede hacer desde el punto de vista tecnológico (por debajo de la curva), de lo que no se debería hacer desde el punto de vista de la combinación óptima de recursos (por encima de la curva), por lo que toda empresa de transporte técnicamente eficiente debe situarse exactamente sobre la isocuanta.

Indicadores de productividad en el transporte

Los procedimientos para medir la productividad en el transporte se basan en la construcción de distintos ratios de *outputs* con respecto a *inputs.* La figura 2.3 presenta de forma esquemática una posible clasificación de todos los indicadores de tipo ratio que se construyen habitualmente en la industria del transporte.

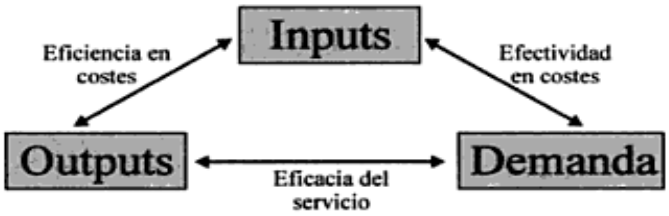


Fig.2.3. *Dimensiones del análisis de indicadores del transporte.* (Fuente: De Rus, et al. 2003).

Los indicadores de *eficiencia en costes* miden la relación entre los inputs (principalmente, trabajo, capital, equipo móvil y energía) y la producción realizada (en términos de horas-vehículo). Los indicadores de *efectividad en costes* miden el consumo de servicios (pasajeros, pasajeros-kilometro, ingresos) en relación a los *inputs* gastados en la actividad del transporte. Esto incluye la medición de la demanda atendida por unidad de gasto (pasajeros-kilómetro entre gastos operativos) y el proceso de generación de ingresos (ingresos operativos entre total de ingresos o ingresos totales entre gastos totales).

Por otro lado, hay un conjunto de indicadores de *efectividad del servicio*, que se utilizan para valorar hasta qué punto la sociedad consume *outputs* generados por las actividades de transporte. Dentro de esta categoría son frecuentes los índices de utilización del servicio (por ejemplo, ingreso por vehículo-hora), los de seguridad operativa (accidentes por vehículos-kilómetro), los de estructura de ingresos (ingresos por vehículo, por pasajero) y los que evalúan los subsidios (ingresos por unidad monetaria de subsidio).

La tabla 2.2 presenta una reclasificación sistemática de estos tipos de indicadores.

Los indicadores $output/output$ no constituyen medidas de producción, sino que sólo reflejan la composición de la producción. Dentro de los indicadores técnicos, los indicadores $input/input$ recogen la intensidad o el uso relativo de los factores (por ejemplo, $capital/trabajo$), aunque también sirven para cuantificar el análisis de la eficiencia técnica. Los indicadores económicos tienen por objeto poner en relación las magnitudes monetarias de la empresa (ingresos y costes) con los parámetros físicos asociados a la producción u oferta de servicios de transporte o a su consumo o demanda por parte de los usuarios.

Tabla 2.2. *Indicadores técnicos y económicos utilizados en el transporte.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)

	Tipo	Objetivo a medir	Ejemplos
Indicadores técnicos	$\frac{OUTPUT}{INPUT}$	Productividad media	$\frac{Pasajero-km}{Flota}$
	$\frac{OUTPUT}{OUTPUT}$	Composición del producto Distribución de tráfico Coeficientes de ocupación	$\frac{Ton-km}{Plazas-km}$
	$\frac{INPUT}{INPUT}$	Uso relativo de factores Eficiencia técnica	$\frac{Capital}{Trabajo}$, $\frac{Flota}{Empleados}$
Indicadores económicos	$\frac{INGRESOS}{OUTPUT}$	Ingreso medio	$\frac{Ingresos}{Pasajeros}$, $\frac{Beneficios}{Pasajeros-km}$
	$\frac{INGRESOS}{INPUT}$	Rentabilidad de los factores	$\frac{Ingresos}{Trabajadores}$, $\frac{Beneficios}{km}$
	$\frac{COSTOS}{OUTPUT}$	Coste medio	$\frac{Costos}{Viaje}$
	$\frac{COSTOS}{INPUT}$	Coste de los factores Eficiencia económica	$\frac{Capital}{Trabajo}$, $\frac{Flota}{Empleados}$
	$\frac{INGRESOS}{COSTOS}$	Ratios de cobertura Costes e ingresos relativos	$\frac{Ingresos}{Costos}$

1.3.3. Tipos de mercado

Los mercados en donde operan las empresas varían mucho entre sí. Algunos son altamente competitivos, lo que provoca que obtener beneficios sea muy difícil. Otros están aparentemente libres de competencia y las empresas que participan en ellos obtienen grandes beneficios.

De Vany (1975) afirma que los precios y la capacidad del mercado monopolístico son más bajos, que los precios y la capacidad en el mercado competitivo.

Mercado competitivo

Un mercado competitivo, algunas veces llamado mercado perfectamente competido tiene tres características:

- ✓ Hay muchos usuarios y muchos conductores en el mercado.

- ✓ Los servicios ofrecidos por los conductores son básicamente los mismos.
- ✓ Las empresas pueden entrar y salir libremente del mercado.

Como resultado de estas condiciones, las acciones de cualquier usuario o conductor en el mercado tienen un impacto nulo en el precio. Cada usuario y conductor toma el precio dado por el mercado.

En el mercado competitivo (Salanova et al. 2011), el conductor tratará de lograr el *first best* (óptimo social), la maximización de los beneficios de la sociedad teniendo en cuenta las externalidades como congestión y contaminación. Douglas (1972) y Arnott (1996) demostraron que en el *first best*, el ingreso del conductor sólo cubría el tiempo ocupado, creando la necesidad de subvencionar el tiempo vacío y por tanto conseguir el *second best*.

Mercado monopolístico

Una empresa es un monopolio, si es, la única que vende un servicio y si éste servicio no tiene sustitutos cercanos.

Un monopolio natural puede caracterizarse como un caso límite de mercado en el que, por las características tecnológicas de la producción, solamente cabe una única empresa. En este tipo de situaciones, la libre organización del mercado otorgaría a la empresa que explotase los servicios dominantes sobre los usuarios, quienes estarían "cautivos" de esta empresa y por ello resultaría socialmente deseable la limitación de su poder de mercado.

De Vany (1975) afirmó que en el mercado de monopolio, la industria trata de obtener el máximo beneficio con una pequeña flota y con altos precios, cubriendo solo la demanda de los altos ingresos del sector con un bajo nivel de servicio. Douglas (1972) observó que en el punto de máximo beneficio para la industria el número total de horas de taxi es máximo, pero no lo es la demanda. Foerster y Gilbert (1979) afirmaron que si el precio es fijo, el mercado de monopolio producirá un menor nivel de salida. Fernández et al. (2006) demostró que el único equilibrio viable en un mercado desregulado es la solución al monopolio. Yang et al. (2005) postularon que el monopolista cobraría un precio superior al coste marginal por viaje y por un importe igual al marginal del consumidor neto de la disposición a pagar por un viaje.

En el mercado monopolístico sin regulación de la tarifa, las tarifas más altas satisfarán una menor demanda con una flota más pequeña, maximizando el beneficio del operador (Douglas, 1972)). Con tarifas reguladas, el mismo mercado funcionará con la flota en que el beneficio marginal sea igual al coste marginal (De Vany (1975)).

1.3.4. Equilibrio del mercado

La necesidad básica de analizar un mercado de taxis surge del deseo y en algunos casos de los requisitos legislativos, para garantizar el funcionamiento del mercado en el mejor interés de los pasajeros públicos. Se observa que las necesidades de la población pueden variar a través de períodos de tiempo, y también pueden diferir entre los beneficios de la estabilidad estructural industrial a corto, mediano y largo plazo.

El análisis de un mercado de taxis se basa tanto en términos de oferta como en la determinación de la demanda y a la vez se relaciona con la regulación o la observación de la cantidad. La regulación del sector del taxi se ha focalizado en dos vertientes: las tarifas y el tamaño de la flota. La interacción de ambas variables en diferentes escenarios de mercado ha dado pie a numerosos estudios sobre su influencia en términos de la rentabilidad de la actividad individual, del sector y de la sociedad. Como bien define Schaller (2007), la regulación busca corregir los defectos de la no perfecta competitividad del mercado, el poder ofrecer un servicio universal, y el controlar las externalidades del sector tanto en congestión y contaminación, como en exceso o falta de oferta.

Demanda

Como en otras actividades económicas, la demanda de transporte puede definirse como la disposición a pagar que tienen los consumidores por hacer uso de un servicio. Esta disposición a pagar, que refleja la valoración que hacen los usuarios de dichos servicios, se obtiene a partir de sus preferencias sobre distintas características de los mismos en comparación con otros servicios que puedan adquirir, también podría definirse como la cantidad de servicio que se desea comprar para cada precio.

Tabla 2.3. *Determinantes de la demanda de transporte.* (Fuente: De Rus, et al. 2003)

Demanda agregada	Demanda individual
✓ Población ✓ Actividad económica ✓ Geografía ✓ Historia y cultura ✓ Política de transporte	✓ Precio del transporte ✓ Precio de otros bienes y servicios ✓ Características socioeconómicas ✓ Calidad del servicio ✓ Tiempo de viaje

Como muestra la tabla 2.3 resulta posible distinguir entre determinantes de la demanda agregada y determinantes de ésta desde el punto individual. En el primer grupo, la cantidad de transporte que necesita una sociedad en un momento dado está determinado por cinco factores principales: la población, el nivel de desarrollo económico, las condiciones geográficas, la historia y la cultura de dicha sociedad y su política de transporte.

Junto a estos determinantes de la demanda agregada de transporte, existe otro grupo de factores que condicionan la demanda concreta de un modo de transporte frente a otro. Al igual que en otras actividades económicas, el primero de dichos elementos es el precio tanto del transporte como otros bienes o servicio alternativos, la renta del consumidor, dentro del conjunto más amplio de características socioeconómicas del individuo, como edad, sexo u ocupación, es el segundo factor relevante. Factores no monetarios como la calidad (frecuencia, medio, horario, etc.) o el tiempo se convierten en los principales determinantes de la decisiones individuales de transporte.

Cuando un pasajero desea trasladarse desde un punto a otro no sólo considera cuánto le va a costar ese viaje, sino también que tardará y las condiciones (de comodidad, de seguridad, etc.) en las que va a realizar el trayecto. La heterogeneidad dificulta cualquier medición del coste de oportunidad que representa el transporte para el individuo por eso resulta muy conveniente analizar a partir de una sola variable que incluya todos los elementos anteriores.

Esa variable es el *precio generalizado* (g), definido como la suma del valor monetario de todos los determinantes de la demanda de transporte para un individuo.

La expresión más utilizada del precio generalizado es una simple combinación lineal de tres elementos: los componentes monetarios del viaje (p), el valor del tiempo total empleado en el mismo (vt) y la valoración monetaria del resto de elementos cualitativos que intervienen en la decisión (θ).

$$g = p + vt + \theta \tag{2.5}$$

Según Douglas (1972) la demanda de taxis se caracteriza por una función decreciente respecto a dos variables: el precio de la carrera y la calidad del servicio, definida la primera por una duración media del trayecto y la segunda por el tiempo de espera estimado por parte del pasajero. Este tiempo de espera a su vez depende básicamente de la densidad de taxis libre y de su velocidad. (Douglas, 1972; Beesley y Glaister, 1983; Arnott, 1996). Lo anteriormente dicho se resume en la siguiente expresión.

$$Q = f(P,T) \Rightarrow \frac{\delta Q}{\delta P} < 0\,, \frac{\delta Q}{\delta T} < 0 \tag{2.6}$$

Donde Q es la demanda, P es el precio del viaje y T es calidad del servicio.

Esta fórmula básica de demanda ha estado de referencia por otros autores posteriores con ciertas modificaciones que le han introducidos éstos, como De Vany (1975) que introdujo un parámetro para representar el índice de precios de otros bienes, Wong y Yang (2000) que consideran la congestión del tránsito y la elasticidad de la demanda teniendo en cuenta la elección entre rutas diferentes.

En Salanova et al. (2011) la demanda de viajes en taxis depende tanto de las características socioeconómicas de la población como la comparación entre las características del servicio de taxi y los modos de transporte alternativos.

Oferta

La oferta de transporte es un servicio y no una mercancía; por lo tanto, no se puede almacenar para ser utilizada cuando exista una demanda mayor. Un servicio de transporte tiene que ser consumido cuándo y dónde se produce, si no, pierde su beneficio. Por esta razón es muy importante estimar la demanda con la mayor precisión posible para así ahorrar recursos ajustando la oferta de servicios de transporte a ella.

La oferta está en función del número de taxis que operan estando regulada o no la entrada al sector. La rentabilidad del ejercicio, el tipo de mercado (competitivo, monopolísticos) y el grado de uso del taxi influirán en la disponibilidad de vehículos. Yang y Wong (1998) introducen un parámetro medidor de la información disponible para el taxista a la hora de orientar su búsqueda de pasajeros, operación básica para determinar la oferta de taxis en una zona determinada. El tiempo entre carreras resulta especialmente importante para el taxista si se quiere analizar los costes de su actividad. Yang y Wong (1998) expresan la probabilidad de que un taxista libre en una zona i encuentre un pasajero en una zona j así:

$$P_{i/j} = \frac{e^{-\theta(h_{ji}+w_i)}}{\sum_{m\epsilon I} e^{-\theta(h_{jm}+w_m)}} \qquad (2.7)$$

Donde θ es el parámetro de información, h es el tiempo de viaje entre zonas, w es el tiempo de espera del taxi que transcurre mientras se encuentra buscando clientes.

La figura 2.4 muestra como la rentabilidad y la productividad de un taxista puede variar con el conocimiento o información del mercado que tenga éste sobre la ubicación de la oferta, es decir, el conductor del taxi podrá más rápidamente prestar servicio a un nuevo usuario, reduciendo su tiempo libre y el de espera del cliente, obteniendo más ingresos y dando un mejor servicio. Por otra parte el

tamaño de la flota se verá afectado y con menos taxis se podría cubrir la misma demanda de forma más eficiente.

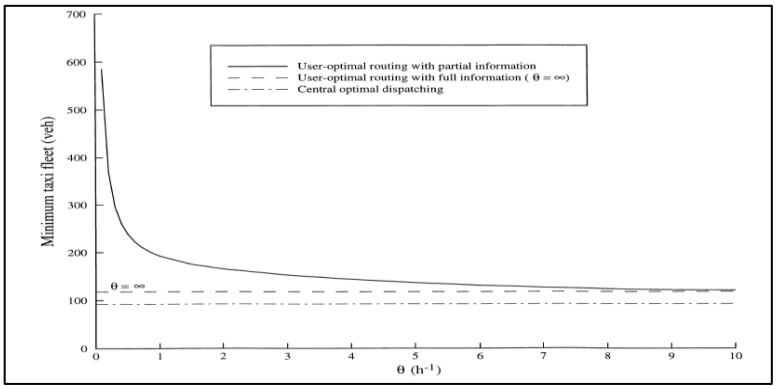


Fig.2.4. *Tamaño de la flota vs información sobre la demanda disponible por el taxista (parámetro θ).* (Fuente: Yang y Wong, 1998.)

Esta interacción entre pasajeros y taxistas, en que la disponibilidad de los segundos afecta el tiempo de espera de los primeros y la intensidad de uso de los primeros incentiva la actividad de los segundos, es el punto diferenciador del sector del taxi respecto a los mercados competitivos tradicionales. (Yang y Wong, 1998; Wong et al., 2000; Wong et al., 2002; Yang et al., 2005). Además, entre usuarios se produce una externalidad negativa (Cairns y Liston-Heyes, 1996), ya que el viaje del primero, ocupa un taxi libre por el siguiente, aumentando su tiempo de espera.

En Salanova et al. (2011) la oferta del servicio de taxi depende del beneficio esperado cuando se les ofrece a los usuarios. Existe un costo de oportunidad, tanto para el titular de la licencia como para el conductor del taxi. El titular de la licencia ha invertido dinero en la licencia y espera altos ingresos de su inversión, mientras que el conductor del taxi invierte su tiempo libre a cambio de un salario. En términos macroeconómicos, la oferta depende de los ingresos y salarios, en relación con los ingresos alternativos y salarios. La oferta depende de los ingresos como un valor absoluto y no en relación con los demás sectores económicos.

1.3.5. Modelación del mercado

Como en otras formas de transporte, el análisis de los taxis se refiere, a los factores que influyen tanto en la oferta como en la demanda. Los modelos analíticos surgen del mercado del taxi y son aplicados en muchos países como parte de un enfoque de autoridad que otorga licencias con el fin de lograr las

condiciones apropiadas del mercado. Un modelo de taxi, puede definirse como una herramienta aplicada para determinar e influir en condiciones óptimas del mercado, las normas necesarias para controlar el mercado incluyendo cualquier combinación de *Calidad, Cantidad y Regulación Económica* (QQE).

En Salanova et al. (2011) desde principios de los años 70, muchos estudios se han publicado en relación con el sector del taxi. Si bien los primeros estudios (1970 - 1990) estaban relacionados con la rentabilidad del sector y la necesidad de regulación mediante modelos agregados, estudios posteriores (1990-2010) implementaron modelos más realistas en el sector del taxi: desde el modelo más sencillo de Wong desarrollado en 1997 para una flota de taxis hasta el modelo más sofisticado de Wong (2009), capaz de simular la congestión, la elasticidad de la demanda, las diferentes clases de usuarios y los costes no lineales, teniendo en cuenta diferentes configuraciones de mercado.

Douglas (1972) desarrolló el primer modelo de taxi de forma agregada, utilizando las relaciones económicas de otros sectores (bienes y servicios). Muchos autores (De Vany (1975), Beesley (1973), y Glaster Beesley (1983) y Schroeter (1983)) utilizaron el modelo propuesto por Douglas para el desarrollo de sus modelos y los colocaron a prueba en las configuraciones de los diferentes mercados. Manski y Wright (1976), Arnott (1996) y Cairns y Liston-Heyes (1996) desarrollaron modelos estructurales, obteniendo resultados más realistas. Yang y Wong (1997-2010c) desarrollaron modelos precisos, teniendo en cuenta la distribución espacial de la demanda y la oferta en una ciudad con tráfico en modelos de asignación.

Los últimos modelos propuesto por Wong et al. (2005) y Yang et al. (2010b) asumen una función bidireccional que tenga en cuenta la voluntad de pago de los clientes, lo que es mucho más realista. Las nuevas tecnologías aplicadas al mercado de taxis, como el GPS, GIS y GPRS también fueron simuladas en los diferentes modelos, demostrando sus beneficios y justificando su uso. Muchos de los modelos desarrollados han sido probados en diferentes ciudades de todo el mundo a partir de datos procedentes de diferentes fuentes.

Beesley (1973) y Beesley y Gaister (1983) estudiaron los datos obtenidos de los cuestionarios en diferentes ciudades del Reino Unido, especialmente en Londres. Schroeter (1983) es el primero en utilizar datos de taxímetros en su modelo, utilizando los datos de una empresa de taxis en Nueva York. Schaller (2007) utiliza entrevistas y cuestionarios de los agentes de taxis y clientes en diferentes ciudades de los EEUU.

Modelos agregados

Douglas (1972) llegó a la conclusión que el máximo de ingresos para la industria ocurre en el punto donde la demanda es menor que el máximo, caracterizando la asistencia social como eficiente pero con un inviable (déficit) equilibrio. También demostró que, teniendo en cuenta el bienestar social, los puntos donde se maximiza el número de horas de taxi en el servicio y donde la demanda es máxima son los mismos.

De Vany (1975) propuso soluciones para diferentes tipos de mercados: el mercado de monopolio (con entrada y tarifas reguladas), el mercado competitivo (con entrada libre y tarifas reguladas) y el mercado de medallón. En la solución de monopolio, el programa de empresa propuesta por De Vany (1975) es maximizar los beneficios totales, mientras que en la solución competitiva el objetivo de los propietarios es maximizar sus propios beneficios. Demostró que la demanda se maximiza sujeta a una restricción del beneficio nulo. Él está de acuerdo con Douglas (1972) en que el precio eficiente minimiza la producción y observa que un aumento comparable del precio regulado será más probable a que se amplíe la capacidad bajo la competencia que en el régimen de monopolio.

Beesley (1973) y Beesley y Glaister (1983) llegan a la conclusión de que la elasticidad es mayor de 1, sólo cuando es posible un mercado regulado y en consecuencia, los mercados libres tienen una menor elasticidad de 1 (como lo postuló De Vany (1975)).

Daganzo (1978) fue el primero que estudió el viaje y el tiempo de espera como variables físicas. Estudió el óptimo tamaño de la flota de taxis con la teoría de colas propuesto por De Little.

Cairns y Liston-Heyes (1996) analizaron el mercado de monopolio, el óptimo social (la maximización de la suma de los beneficios sociales e industriales) y el "*second best*", mejor segundo (sin beneficios negativos). Ellos observaron que los beneficios son cero cuando se utilizan los taxis en su intensidad óptima. Ellos demostraron que la regulación de precios es necesaria para la producción de equilibrio en un modelo simple de servicios de taxi, pero el mejor segundo solamente puede lograrse si las tarifas y la intensidad del uso de taxis están controladas, concluyendo que la regulación es necesaria para lograr el mejor segundo.

Fernández et al. (2006) estudiaron las características del mercado de taxis en carreras, lo que demuestra que existe un único equilibrio de un mercado desregulado y corresponde a un equilibrio de monopolio.

Modelos de equilibrio

Yang y Wong presentaron una serie de modelos durante los años 1997 - 2010 estudiando el mercado de taxis en la red de Hong Kong. Sus modelos espaciales son más realistas que los agregados. Yang y Wong (1998) presentan un modelo de red que describe cómo los taxis vacíos y ocupados viajan en una red urbana en busca de clientes y proporcionando servicio de transporte a ellos.

Ellos asumen los movimientos estacionarios de taxis y la demanda de los clientes, sin elasticidad de demanda, sin congestión, "todo o nada" y que el comportamiento de enrutamiento de cada taxi trate de minimizar su tiempo de viaje en la búsqueda de un nuevo cliente. Suponiendo que el tiempo esperado de búsqueda en cada zona está idénticamente distribuidos siguiendo una función de densidad de Gumbel y que la probabilidad de que un taxi vacío encuentre cliente en otra zona sigue un modelo logit, utilizando un parámetro de información para tomar en cuenta la experiencia del conductor del taxi (conductores de edad avanzada encuentran una carrera más rápido), lo que demuestra que con un mejor conocimiento de la oferta, flotas más pequeñas pueden tener mejores resultados, tanto para los taxistas como para los clientes.

Concluyen además que la flota e información de los taxis deben ser regulados con el fin de lograr una mejor utilización de éstos, manteniendo un cierto nivel de servicio.

Yang et al. (2000) analizaron la demanda (disponibilidad taxi) y la oferta (utilización taxi) en relación con el mercado de los taxis y desarrollaron un sistema no lineal de ecuaciones simultáneas de la demanda de pasajeros, la utilización de taxis y el nivel de servicio. El modelo propuesto se basa en el concepto de la teoría de colas y el equilibrio entre oferta y demanda, utilizando el número de licencias, tarifas, ingresos y tiempo de taxi ocupado como variables exógenas, mientras que la demanda, el tiempo de espera, disponibilidad de taxi, tiempo de uso y espera de los conductores son variables endógenas. Los parámetros de su modelo se estimaron utilizando datos de encuesta.

Wong et al. (2001) añadieron la congestión de la red y la elasticidad a la demanda. La evaluación de sus resultados están de acuerdo con Manski y Wright (1976), Schroeter (1983) y Arnott (1996) en el hecho de que un aumento en el número de taxis será beneficioso tanto para los clientes como para los conductores, pero sólo en una pequeña flota de taxis ya que esto es una situación inestable, y rara vez surge en un mercado de taxis realistas.

Yang et al. (2005) investigaron las consecuencias de las externalidades en los diferentes mercados. Ellos postularon que el *first-best* óptimo social rentable emerge en un mercado de taxis severamente congestionado, donde la entrada de taxis adicionales en el mercado tiene un gran efecto marginal de congestión

(y por tanto la entrada debe ser muy controlada en el óptimo social). Llegan a la conclusión de que en el mercado competitivo el *second-best* conduce a un uso más eficiente de taxis, con una mayor demanda sirviendo con una flota más pequeña y de mayor precio. Todos los modelos comentados anteriormente utilizan una estructura de tarifa de taxi lineal, haciendo que los viajes más largos (desde / hasta el aeropuerto) más rentables y la creación de un exceso de oferta en los aeropuertos, consumiendo muchas horas de servicio en la cola del aeropuerto.

1.3.6. Tarifa

Otro elemento en la regulación del taxi es el control económico, debe gran parte de su desarrollo a un deseo político para evitar el sobrecoste, y es principalmente visible en los controles de tarifa aplicadas a los precios de los taxis.

Los límites del nivel de costes que pueden aplicarse en el uso de un taxi son determinados localmente por cada una de las autoridades de concesión de licencias de cada país. Las Autoridades por lo general determinan los posibles costes en forma de una tabla tarifaria, definiendo el tiempo, la distancia y los costes contratados, utilizados en combinación para producir una tarifa.

La mayoría de las operaciones del taxi se basan en la distancia recorrida o una combinación de tiempo y la distancia. Precios por kilómetro o el precio basado en las millas recorridas, que es traducido en tarifa por la multiplicación de la distancia por el precio. La tarifa se fija estableciéndose un precio por kilómetro y un precio por hora que se aplica alternativamente dependiendo de la velocidad de circulación, es decir, si la velocidad de circulación es inferior a la velocidad del cambio de arrastre, el cálculo del precio del servicio se basa en la aplicación de la *tarifa temporal* y cuando la velocidad es superior a la velocidad del cambio de arrastre este cálculo se basa en la aplicación de la *tarifa kilométrica*. Conociéndose que la velocidad del cambio de arrastre es valor obtenido de dividir la tarifa temporal por la tarifa kilométrica.

El precio del taxi, siendo el importe total a pagar por cada viaje, difiere de la tarifa del taxi, siendo ésta la estructura por la que se calcula dicho precio. El precio está compuesto por una combinación de tiempo y / o distancia recorrida, incluyendo una carga inicial por la contratación del taxi comúnmente llamada "caída de bandera" o "bajada de bandera", refiriéndose al taxímetro mecánico inicial que requiere el movimiento físico de un alquiler "bandera" para iniciar la medición y los suplementos correspondientes.

El precio de la caída de bandera es incluido por muchas autoridades para acomodar el aumento de los costes en aceptar viajes de corta distancia, siendo

los costes de oportunidad de salir de una posición a la cabeza de una cola en la parada de taxis, hasta el punto que puede ser aplicado o no como un coste.

El taxímetro será puesto en posición de ocupado, obligatoriamente, cuando el pasajero y su equipaje se encuentren debidamente instalados, excepto en los servicios contratados por telecomunicación, en los que el taxímetro empezará a contabilizar desde el lugar de partida del vehículo.

Los suplementos de radioemisora son aplicados solamente si se está trabajando en una empresa de radioemisora o por el contrario si es autónomo o empleado que paga una cuota establecida a radioemisoras para ofrecer carreras.
El precio máximo hasta el encochamiento es la suma de la bajada de bandera más el recorrido que realiza el taxi desde que acepta la petición hasta que llega a la dirección del cliente y no debe superar el valor establecido por la Administración.

Las tarifas y los suplementos autorizados son obligatorios para los titulares de licencias, conductores y usuarios del servicio. La tabla 2.4 muestra un esquema de la tabla de tarifa de una ciudad que como se mencionó anteriormente viene determinada por las Autoridades competentes.

Tabla 2.4. *Esquema de una tabla de tarifa*

	Tarifa urbana		**Tarifa interurbana**	
	T – 1	**T – 2**	**T – 3**	**T - 4**
Días de aplicación	Laborables	Laborables, sábados y festivos	Laborables	Laborables, sábados y festivos
Horario de aplicación	08.00 a 20.00 h	Laborables (20.00 a 08.00 h) Sábados y festivos (00.00 a 24.00 h)	08.00 a 20.00 h	Laborables (20.00 a 08.00 h) Sábados y festivos (00.00 a 24.00 h)
Bajada de bandera				
Precio/km				
Hora de espera				
Suplementos				
Aeropuerto entrada/salida				
Maleta > 55x35x35 t				
Viernes, sábado, domingo y festivo (00.00 – 06.00)				
Noches especiales (20.00 a 08.00 h) 23/VI - 24/VI; 24/XII - 25/XII; 31/XII - 1/2010				

Servicio salida aeropuerto importe mínimo de un servicio incluidos todos los suplementos			
Obligatorio y gratuitito	Maleta 55x35X35 cm - Silla minusválido - Perro lazarillo - Coche de niño	Maleta 55x35X35 cm - Silla minusválido - Perro lazarillo - Coche de niño	
Servicio de radioemisora			
Precio máximo hasta el lugar de encochamiento			
Importe mínimo de un servicio			
Disponibilidad de cambio			

1.3.7. Ingresos

Los ingresos, en términos económicos, hacen referencia a todas las entradas económicas que recibe una persona, una familia, una empresa, una organización, un gobierno, etc. El tipo de ingreso que recibe una persona o una empresa u organización depende del tipo de actividad que realice (un trabajo, un negocio, una venta, etc.). El ingreso es una remuneración que se obtiene por realizar dicha actividad.

Por ejemplo, el ingreso que recibe un trabajador asalariado por su trabajo es el salario. Si ésta es la única actividad remunerada que hizo la persona durante un periodo, el salario será su ingreso total. Por el contrario, si esta persona, además de su salario, arrienda un apartamento de su propiedad a un amigo, el dinero que le paga el amigo por el arriendo también es un ingreso. En este último caso, el salario más el dinero del arrendamiento constituyen el ingreso total. Los ingresos pueden ser utilizados para satisfacer las necesidades.

Cuando una empresa vende su producción o sus servicios a un cliente, el valor de la compra, pagada por el cliente, es el ingreso percibido por la empresa. Estos ingresos pueden ser utilizados por las empresas para pagar los salarios de los trabajadores, los bienes que utilizaron para la producción (insumos), los créditos que hayan obtenido, dar utilidades a los dueños de la empresa, ahorrar, realizar nuevas inversiones, etc.

Cuando el ingreso proviene de actividades productivas, se puede clasificar en varios tipos:

- ✓ ***Ingreso marginal:*** Generado por el aumento de la producción en una unidad.

- ✓ ***Ingreso medio:*** Ingreso que se obtiene, en promedio, por cada unidad de producto vendida; es decir, es el ingreso total dividido en el total de unidades vendidas.

- ✓ ***Ingreso del producto marginal:*** Ingreso generado por la utilización de una unidad adicional de algún factor de producción (trabajo, capital), por ejemplo, la utilización de un trabajador más, etc.

En general, las personas, las familias, las empresas, etc., buscan aumentar sus ingresos. Si éstos se elevan, su consumo y su ahorro pueden aumentar, llevando, en muchos casos, un mejor nivel de vida y de bienestar.

Los Estados también reciben ingresos, llamados *ingresos públicos*. El Estado recibe ingresos por el cobro de impuestos, por la venta de bienes producidos por empresas públicas, por utilidades que generan éstas mismas, por ventas o alquileres de propiedades, por multas impuestas, por emisión de bonos u obtención de créditos, entre otros.

Cuando los ingresos provienen de impuestos se denominan *ingresos tributarios*, por el contrario, cuando provienen de fuentes distintas a los impuestos se denominan *ingresos no tributarios*. Con los ingresos, los gobiernos pueden realizar sus gastos, sus inversiones, etc.

Los ingresos también pueden clasificarse en *ordinarios* y *extraordinarios*. Los *ingresos ordinarios* son aquellos que se obtienen de forma habitual y consuetudinaria; por ejemplo el salario de un trabajador que se ocupa en un trabajo estable, o las ventas de una empresa a un cliente que compra periódicamente o de forma habitual. Los *ingresos extraordinarios* son aquellos que provienen de acontecimientos especiales; por ejemplo un negocio inesperado por parte de una persona o una emisión de bonos por parte de un gobierno.

El cálculo de los ingresos que obtiene un taxista viene motivado por la necesidad de fijar unas tarifas que cumplan con la premisa de cubrir los costes del servicio y asegurar un beneficio empresarial razonable. Por esta razón, la determinación de los ingresos está vinculada a la propuesta de revisión tarifaria.

1.3.8. Tipos de costes

Se presenta a continuación una serie de conceptos económicos que se ha considerado conveniente y necesario ampliar de cara a entender los principios económicos que constituyen el mundo del taxi.

Costes fijos y variables

Estos tipos de costes se diferencian de acuerdo con la variabilidad del nivel de producción. Luego entonces, los *costes fijos* (C_F) son aquellos que no cambian en función del nivel de producción mientras que los *costes variables* (C_F) si lo hacen.

Con esta definición se abre una disyuntiva sobre la concepción de un *coste fijo o variable* en función de una escala temporal considerada. Así, si se considera un intervalo temporal suficientemente elevado la mayoría de los costes se considerarán variables, ya que habremos dado suficiente tiempo como para que se perciban diferencias en los niveles de producción que afectarán a los costes de la actividad. Por el contrario, si se fija un corto plazo gran parte de los costes serán considerados fijos.

Costes totales, medios y marginales

Esta concepción de los costes es seguramente la más sencilla y fácil de diferenciar. Los *costes totales* (C_T) constituyen la suma de los costes asignados en la producción de una cierta cantidad de bienes, con lo cual será la suma de los costes fijos (C_F) y los costes variables (C_V).

$$C_T = C_F + C_V \tag{2.8}$$

Los *costes medios* ($\bar{C}$) son aquellos relacionados con la producción de una sola unidad del bien. Siendo x el volumen de producción.

$$\bar{C} = \frac{C_F(x)}{x} + \frac{C_V(x)}{x} \tag{2.9}$$

Estos costes son fundamentales para el establecimiento de precios, ya que un importe del bien por encima de este coste medio provocará beneficios a la compañía, mientras que un precio inferior aportará pérdidas.

Finalmente, los *costes marginales* (C_M) representan el incremento de los costes derivados de la producción de una unidad adicional del bien.

$$C_M = \frac{\delta C_T(x)}{\delta x} = \frac{\delta (C_F + C_V)(x)}{\delta x} = \frac{\delta C_V(x)}{\delta x} \tag{2.10}$$

Costes privados, externos y sociales

Los *costes privados* o *costes internos* (C_P) son los gastos efectuados por el propio proveedor del servicio. A su vez, los *costes externos* (C_{Ext}) son los

impuestos a un tercero con motivo de la producción y el suministro del bien o servicio y por último los *costes sociales* (C_S) que son la suma de los *costes privados* y los *costes externos.*

$$C_S = C_P + C_{Ext} \tag{2.11}$$

Costes directos e indirectos

Los *costes directos* (C_D) están ligados a la propia actividad del taxi y a la prestación del servicio y son necesarios para la obtención de un bien o servicio, afectando directamente la determinación de su precio y los *costes indirectos* son aquellos que surgen con la actividad independientemente de la ejecución del servicio.

1.3.9. Rentabilidad económica

La rentabilidad económica del taxista permite evaluar si el desarrollo de su actividad profesional da los rendimientos económicos pertinentes, basándose en determinar por un lado los costes de la actividad del taxi y por el otro los ingresos obtenidos en servicio. Su balance (beneficio razonable) se compara a su vez con el beneficio empresarial razonable para comprobar si se alcanza este nivel de referencia.

El beneficio empresarial razonable se establece para la determinación de las tarifas anuales de los taxis y también sirve como umbral de referencia para analizar la situación económica de los profesionales del sector.

1.3.10. Externalidades negativas

Se denomina *externalidad* al coste o beneficio que surge de la producción y que recae sobre una persona distinta del productor, o del coste o beneficio que se deriva del consumo y que recae sobre una persona distinta al consumidor. Una externalidad puede surgir de la producción o del consumo y puede ser una *externalidad negativa* cuando impone un coste externo o una *externalidad positiva* cuando proporciona un beneficio externo.

Congestión

La palabra congestión es identificada por la sociedad en general como un problema originado por el elevado incremento de personas o vehículos que

coinciden en un mismo lugar durante un tiempo determinado. La congestión según Reynolds y Wardrop (1960) es la condición de circulación donde hay pérdidas de tiempo de los vehículos y sus ocupantes, causadas por la presencia de otros vehículos que impiden su libre desplazamiento o compiten por el espacio en las intersecciones, viéndose obligados a reducir la velocidad por debajo de los deseos de los conductores.

En general, la congestión vehicular puede definirse como la aparición de demora causada por la interacción de los vehículos durante el viaje en una carretera y se puede estudiar a nivel microscópico, donde el movimiento de vehículos individuales se puede rastrear, o a nivel macroscópico, donde el flujo vehicular se estudia con la teoría dinámica de fluidos.

Accidentes

Un accidente de tráfico es el perjuicio ocasionado a una persona o bien material, en un determinado trayecto de movilización o transporte, debido (mayoritaria o generalmente) a la acción riesgosa, negligente o irresponsable de un conductor, de un pasajero o de un peatón, pero en muchas ocasiones a fallas mecánicos repentinos, a errores de transporte de carga, a condiciones ambientales desfavorables y a cruce de animales durante el tráfico e incluso a deficiencias en la estructura del tránsito.

De acuerdo con la OMS (2004), las lesiones causadas por el tránsito constituyen un importante problema de salud pública que es desatendido, cuya prevención eficaz y sostenible exige esfuerzos concertados. Se estima que cada año, en el mundo mueren 1,2 millones de personas por causa de choques en la vía pública y hasta 50 millones resultan heridas. Las proyecciones indican que sin un renovado compromiso con la prevención, estas cifras aumentarán en torno al 65% en los próximos 20 años.

La tabla 2.5 muestra los riesgos de desplazarse en distintos medios de transporte por carretera en los países de la Unión Europea.

Tabla 2.5. *Riesgos al desplazarse en distintos medios de transporte por carretera en los países de la Unión Europea.* (Fuente: OMS, 2004).

Defunciones por cada 100 millones de km-pas y por cada 100 millones de horas de viaje-pas en los países de la Unión Europea durante el periodo 2001-2002		
	Defunciones por cada 100 millones de km-pas[a]	Defunciones por cada 100 millones de horas de viaje-pas[b]

En la vía pública (total)	0,95	28
En vehículos de motor de dos ruedas	13,8	440
A pie	6,4	75
En bicicleta	5,4	25
En automóvil	0,7	25
En autobús o autocar	0,07	2

[a] Por kilómetro – pasajero se entiende la distancia total recorrida por todos los que han viajado de ese modo.

[b] Por horas de viaje – pasajero se entiende el tiempo total que han pasado viajando todos los que han utilizado ese medio.

Según la distribución de las defunciones causadas por el tránsito, los más vulnerables son los peatones, ciclistas y conductores de ciclomotores y motocicletas. En los países de ingresos bajos y medianos representan un gran porcentaje del tráfico y agrupan la mayor la mayor parte de las muertes. En los países de ingresos altos, la vía pública es utilizada mayoritariamente por propietarios y conductores de automóviles y en ellos se concentra la proporción más alta de las defunciones causadas por el tránsito. Aun así, incluso en estos países, peatones, ciclistas y conductores de motocicletas corren un riesgo mayor de fallecer por kilómetro recorrido.

2.3. Papel regulador de la administración

La administración tiene un papel fundamental en la regulación del sector taxi debido a que estipula las políticas que se deben practicar en la ordenación del servicio de taxi en una ciudad, dichas políticas varían dependiendo de la ciudad. Existen distinciones fundamentales en los tipos de regulaciones de taxi como son: regulación de cantidad, regulación de calidad y la regulación de la conducta del mercado.

2.3.1. Regulación de calidad

La regulación de la calidad abarca los estándar de los vehículos y los conductores, este tipo de regulación es más una regulación de seguridad que una de competitividad.

Conductor o conductora

El conductor o conductora, sea trabajador autónomo o asalariado, para prestar el servicio de taxi debe obtener previamente el certificado correspondiente, expedido por el departamento competente en materia de transportes, que acredite su posesión de permiso de conducción, obtenido de conformidad con lo que establece la normativa de aplicación, y de acuerdo con los conocimientos teóricos y prácticos necesarios para la prestación adecuada de atención al público y la correcta asistencia del servicio en condiciones apropiadas.

Vehículos

En cuanto a las condiciones genéricas de seguridad, capacidad, confort y prestaciones adecuadas al servicio en lo concerniente a las condiciones exigibles a los vehículos, las autorizaciones para el servicio de taxi deben otorgarse a vehículos con una capacidad máxima aproximada entre cinco a nueve plazas, incluida la de la persona que conduce.

Por otra parte los vehículos deben contar con la accesibilidad para personas de movilidad reducida y deberán ser uno de los modelos y variantes autorizados por la entidad competente para la prestación del servicio teniendo vigente la inspección técnica del vehículo ITV.

Los vehículos que tengan más de tres meses desde su primera matriculación, es decir los vehículos de segunda mano no podrán exceder a los cinco años aproximadamente y deberán tener la revisión vigente de ITV.

En los taxis se podrá instalar elementos (taxímetro, módulo luminoso, impresora, etc.), instrumentos y accesorios homologados por la administración; en donde la adecuación, conservación y limpieza de todos estos serán atendidas cuidadosamente por su titular.

La carrocería de los taxis dependerá de la políticas de administración de cada lugar donde se preste este tipo de servicio que contará a su vez con la palabra TAXI y todos aquellos distintivos externos e internos (placa con los datos del número de licencia, matrícula del vehículo, número de plazas, tarifas, identificación del conductor) y características que estipule dicha administración como identificación completada.

2.3.2. Regulación de conducta del mercado

La regulación de la conducta de mercado incluye las normas relativas para recoger a los pasajeros y/o la afiliación a la red radiofónica.

En cualquier ciudad o parte del mundo, la manera más corriente de tomarlo es en la calle cuando el pasajero se dirige a una parada o hace una señal con la mano al ver que se acerca un vehículo libre. Se debe tener en cuenta que los lugares más adecuados para pararlos en la calle son los chaflanes ya que el conductor no puede hacer maniobras bruscas ni parar el coche en lugares que representen un peligro para la circulación. La tercera forma de acceder a un servicio de taxi es por medio de radioemisora la cual despacha dicho servicio a petición del pasajero.

Paradas de taxis

En las paradas, el usuario del taxi tiene el derecho de escoger el vehículo con el cual desea recibir el servicio, excepto que, por motivo de la organización o de la fluidez del servicio, exista un sistema de turnos relacionados con la espera previa de los vehículos, o la incorporación de los vehículos a la circulación general esté limitada al primer vehículo de la parada. En todos los casos, el derecho de escoger un taxi se ha de justificar por circunstancias objetivas como el aire acondicionado en el vehículo, el estado de conservación, la limpieza correcta de éste, el sistema de pago del servicio o que el vehículo tenga caducado el distintivo acreditativo de la validez de la revisión metropolitana ordinaria.

Cuando el taxista situado en una parada sea requerido por diversas personas al mismo tiempo, el orden de preferencia será el de espera de los usuarios, excepto en casos de urgencia relacionados con enfermos o personas que necesiten asistencia sanitaria. El conductor (a) del taxi puede admitir, a su criterio, animales de compañía que vayan con las personas que soliciten el servicio, pero nunca podrá negarse a transportar perros lazarillos que acompañen a invidentes, ni a cargar sillas de ruedas.

Las paradas localizadas en propiedad privada, incluyendo las que están en aeropuertos y estaciones de ferrocarriles no están sujetas a las mismas exigencias que las paradas municipales y pueden ser de uso exclusivo de determinadas empresas.

Carreras de taxi

Las carreras como los viajes que empiezan en una parada de taxi se fundamentan en el compromiso inmediato de un vehículo, ambos se basan en la oferta del proveedor al ofrecer sus servicios, normalmente en puntos de alta demanda.

Los lugares más adecuados para parar un taxi en la calle son los chaflanes. Hay que tener en cuenta que quien conduce el taxi no puede hacer maniobras bruscas ni parar el coche en lugares que representen un peligro para la circulación.

Taxis despachados

El teléfono es otro medio efectivo para coger un taxi. Se pide el servicio de un taxi llamando a una de las emisoras de radio-taxi que operen en una ciudad. Muchas de estas emisoras disponen de un sistema de gestión de flotas que les permite enviar el taxi al lugar solicitado por el usuario. Los sistemas actuales incluyen rastreo y localización por GPS permitiendo que el *despachador* tenga una visión detallada del estado y posición del vehículo. El uso generalizado de teléfonos móviles también ha aumentado el número de vehículos despachados, permitiendo una reducción significativa en la demora, reserva y despacho de un taxi.

El número de taxi asignado se le comunica al usuario mediante la llamada telefónica o un mensaje vía SMS.

Sólo el tipo de consumidores de este mercado pueden elegir entre distintos proveedores de servicios o empresas. Al mismo tiempo, las empresas pueden fidelizar clientes con un buen servicio puerta a puerta. Este mercado es un mercado competitivo en el que las grandes empresas pueden ofrecer menores tiempos de espera.

2.3.3. Regulación de cantidad

La regulación de cantidad incluye la regulación de precios y la restricción de entrada.

Regulación de precios

La prestación del servicio de taxi está sujeta a unas tarifas que se aplican anualmente. Las tarifas y los suplementos autorizados son obligatorios para los titulares de licencias, conductores y usuarios del servicio. La fijación de las tarifas aplicables a los servicios de taxi se ajustará a lo que prevé la normativa vigente de cada lugar de estudio en materia de precios, dichas tarifas han garantizar siempre la cobertura del coste del servicio y la obtención de un beneficio empresarial razonable.

Los taxímetros marcarán únicamente las tarifas aprobadas por prestar el servicio de taxi que constará de los siguientes elementos: la bajada de bandera, la tarifa kilométrica, la tarifa horaria y los suplementos autorizados. Estos últimos quedarán bloqueados en la cuantía máxima admitida en el cambio de tarifas.

Si el taxi es tomado por medio de una radioemisora este llegará al punto solicitado con el taxímetro en marcha, aunque el importe no superará la carrera mínima.

Finalizado el servicio, el usuario debe obtener un recibo o factura en el que ha de constar: el precio del recorrido, el origen y el destino, la fecha, el número de identificación fiscal del titular de la licencia, el número de la licencia y la matrícula del vehículo. Este servicio se puede pagar en efectivo o con tarjeta de crédito siempre y cuando el taxista lleve el distintivo que informa que dispone de este sistema de cobro.

Algunas radioemisoras de taxi aceptan otros sistemas de pago como el llamado *mobypay* que es un servicio de pago por móvil, el cual permite autorizar pagos con tarjetas de crédito o débito como VISA y MasterCard asociadas al teléfono móvil. Con este sistema no es necesario enviar los datos de la tarjeta por internet. La comunicación se realiza mediante mensajes interactivos USSD entre el teléfono móvil y el nodo mobypay, en forma de pregunta-respuesta, también está la opción de usar SMS, en donde se informa sobre la operación que se está realizando (comercio e importe) y se solicita la respectiva autorización.

Restricción de entrada

La Administración es quien determina, en cada momento, el número máximo de licencias del taxi, que viene determinado por la necesidad de garantizar la eficacia del servicio en condiciones óptimas para los ciudadanos, sin perjuicio de la garantía de rentabilidad económica de los operadores.

- ✓ **Licencias**

Es el documento necesario para prestar el servicio de taxi urbano, ésta habilita el ejercicio de la actividad del transporte de pasajeros y puede ser explotada personalmente por el titular o mediante la contratación de conductores asalariados. Además están referidas a un único vehículo.

Las licencias de taxis habilitan para el transporte de pasajeros en vehículos de cinco a nueve plazas aproximadamente incluido el conductor, atendiendo a las circunstancias relacionadas con las prestaciones, las características del

vehículo, la accesibilidad que tiene para personas con movilidad reducida y las características de la zona geográfica y del mismo servicio.

La creación de nuevas licencias, indefinidas o estacionales, o la reducción de las existentes exigirá la tramitación de un expediente que acredite la necesidad y conveniencia de la decisión, atendiendo principalmente a los siguientes factores:

- El nivel de oferta de servicio de taxi existente.
- El nivel de demanda de servicio de taxi existente.
- El tipo, extensión y crecimiento de los núcleos urbanos (residencial, turístico, industrial, etc.).
- Las actividades comerciales, industriales, turísticas o de otra índole que se desarrollen en el ámbito territorial de aplicación y que puedan generar demandas específicas de servicio de taxi.
- La existencia de infraestructuras de servicio público vinculadas a la sanidad, enseñanza, servicios sociales, espacios de ocio y las actividades lúdicas y deportivas, los transportes u otros factores que tengan incidencia sobre la demanda de servicios de taxi.
- El grado de cobertura, mediante servicios de transporte público, de las necesidades de movilidad de la población.

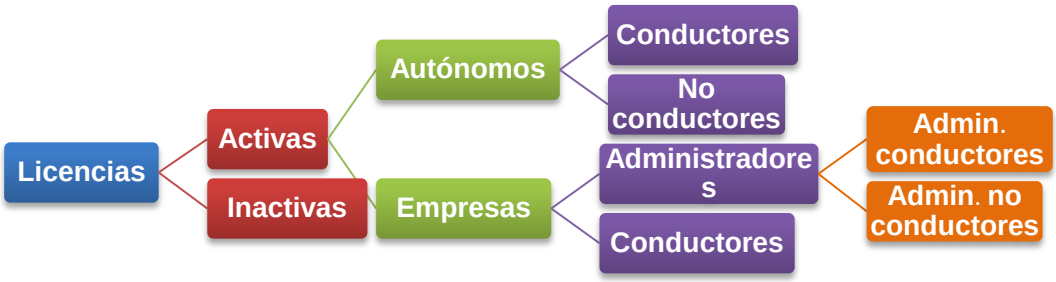


Fig.2.5. *Organigrama funcional del sector del taxi con respecto a las licencias.*

✓ **Credenciales**

Se conoce como credencial al título que debe tener el taxista para poder ejercer como conductor de taxi, junto con el carnet de conducción. Dicha credencial la puede obtener un titular de licencia que decida prestar servicio activamente o también una persona que es contratada por un titular, este último es el caso de los asalariados, los cuales se rigen según un convenio particular y pactan las

condiciones de su servicio con el titular de licencia que los contrata.

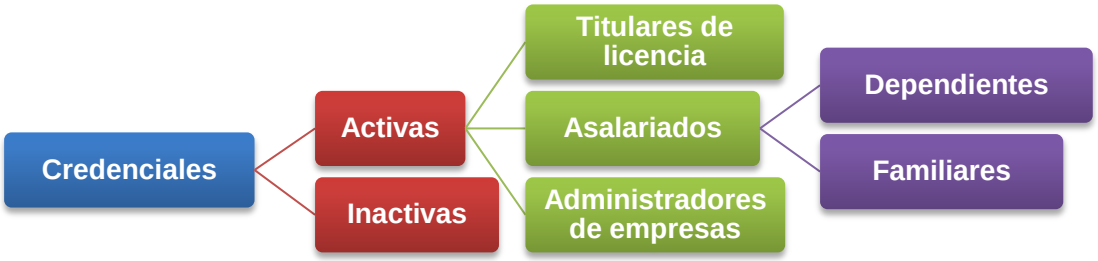


Fig.2.6. *Organigrama funcional del sector del taxi con respecto a las credenciales.*

2.3.4. Otras regulaciones

Jornada laboral

La jornada laboral efectiva es el tiempo total en que el taxista trabaja activamente, descontando los ratos de descanso en que no busca clientes.

El horario mínimo aproximado del servicio diurno será de 10 horas, incluidas 2 horas de descanso para comidas, para el servicio diurno, comprendido entre las 06.00 horas y las 22.00 horas, y de 8 horas para el servicio nocturno, comprendido entre las 22.00 horas y las 06.00 horas.

Los períodos de 10 horas de servicio diurno quedarán comprendidos entre los límites anteriormente fijados y se autorizados por el departamento competente en materia de transportes, de acuerdo con sus necesidades.

- ✓ **Descanso semanal para licencias con horario diurno**

Los vehículos (taxi) aplicados a las licencias disfrutarán de dos días de descanso semanal. El primero, de carácter obligatorio estará comprendido entre lunes y viernes y el segundo entre sábado y domingo.

El departamento competente en materia de transportes asignará los días de descanso semanal de acuerdo con criterios debidamente motivados tendentes a conseguir la mayor eficiencia en la prestación del servicio. El descanso semanal se iniciará a las 06.00 horas del día asignado al efecto y se prolongará hasta las 06.00 horas del día siguiente, quedando absolutamente prohibida la prestación

del servicio en días de descanso semanal. La contravención supondrá una falta grave.

Los días de descanso vienen determinados por el número en que finaliza la licencia como se puede ver en las tablas 2.6 y 2.7.

Tabla 2.6. *Descanso semanal en horario diurno en días laborales.* (Fuente: IMET)

De lunes a viernes	
Día de descanso	**Licencia terminada en**
Lunes	1 – 2
Martes	3 – 4
Miércoles	5 – 6
Jueves	7 – 8
Viernes	9 - 0

Si entre el lunes y el viernes hubiera un día festivo, la anterior asignación de los días de descanso seguirá siendo válida.

Tabla 2.7. *Descanso semanal en horario diurno en fines de semana.* (Fuente: IMET)

Fines de semana		
	Sábado par	**Sábado impar**
	Domingo par	**Domingo impar**
Descansan	0, 2, 4, 6, 8	1, 3, 5, 7, 9
Trabajan	1, 3, 5, 7, 9	0, 2, 4, 6, 8

En caso de coincidir en que un fin de semana, el sábado fuese día 31 y el domingo día 1, ambos impares, el turno de descanso se realizará de la siguiente manera:

- Sábado 31: Descansarán las licencias impares y trabajarán las pares.
- Domingo 1: Descansarán las licencias pares y trabajarán las impares.

✓ **Descanso semanal para licencias con horario nocturno**

Los vehículos (taxis) aplicados a las licencias disfrutarán de un día de descanso semanal, este día también viene determinado por el número en que termina la licencia.

Tabla 2.8. *Descanso semanal en horario nocturno en días laborales.* (Fuente: IMET)

De lunes a viernes	
Día de descanso	**Licencia terminada en**
Domingo	1, 2, 3
Lunes	4, 5, 6
Martes	7, 8
Miércoles	9, 0

Espacio público

Debido a la gran densidad de tráfico que soportan las ciudades, las autoridades encargadas de su regulación suelen reservar carriles para el transporte en taxi y el transporte colectivo de viajeros, con el fin de facilitar su circulación. Se pretende, en la medida posible, dar preeminencia al transporte público y así incentivar su utilización, vendiendo rapidez y comodidad a los usuarios, evitando la utilización indiscriminada de los vehículos particulares dentro del casco urbano.

Este tipo de carriles se señaliza con el objetivo no solo de reservar dichos transportes sino que además de prohibir su utilización por el resto de usuarios, estos carriles están limitados y señalizados con una línea longitudinal continua, excepto en pequeños tramos en que es discontinua. En los tramos en que la marca blanca longitudinal está constituida en el lado exterior del carril, por línea discontinua, se permite su utilización general exclusivamente para realizar alguna maniobra que no sea la de parar, estacionar, cambiar el sentido de la marcha o adelantar, pero dejando siempre preferencia a los autobuses y, en su caso, a los taxis.

En este carril suelen estar pintadas las palabras BUS o TAXI, o ambas a la vez, que indican que el carril o zona de estacionamiento, donde está marcado, se reserva permanente o temporalmente para la circulación, parada o estacionamiento de autobuses o taxis, respectivamente, o de ambos a la vez.

La circulación, la parada o el estacionamiento de vehículos distintos a los que la palabra o palabras se refieran están prohibidos.

CAPITULO 3

EQUILIBRIO DEL SISTEMA (METODOLOGÍA)

En este capítulo se recopilan los parámetros y variables empleadas en el análisis de eficiencia del servicio de taxi tal como es ofrecido y percibido por los usuarios en una ciudad buscando determinar las condiciones óptimas del mercado incluyendo cualquier combinación de calidad, cantidad y otras regulaciones. Para ello se busca calcular la rentabilidad económica del taxista y minimizar un sistema de coste; paralelo a esto desarrollar una herramienta informática que facilite un mejor análisis del servicio. A continuación se presenta la metodología o pasos a seguir para el desarrollo de este trabajo:

Fig. 3.1. *Esquema de la metodología seguida para el análisis del servicio de taxi en una ciudad.*

3.1. Definición de parámetros y variables

En el sector del taxi los usuarios tratan de minimizar el tiempo total o el coste generalizado con el objetivo de satisfacer las necesidades de viajar y los taxistas están dispuestos a maximizar sus beneficios.

La variable más relevante de los pasajeros de taxi es el coste generalizado, el cual incluye el tiempo total de viaje (tiempo de acceso, el tiempo de espera y tiempo en el vehículo) con parámetros de ponderación que se utilizan

generalmente para obtener este tiempo de viaje total. El parámetro usado para convertir el tiempo de viaje total en costes monetarios es el valor de tiempo de los usuarios.

Por otra parte, las variables más importantes para los conductores de taxi son los ingresos y los costes que determinan la prestación del servicio. El ingreso de los taxistas depende del número y de la duración media de las carreras, distancia recorrida y la tarifa aplicada. Los costes de operación se dividen en costes fijos (costes de tiempo de funcionamiento) y costes variables (costes de distancia).

A continuación se presentan los parámetros y variables de estudio consideradas en el análisis del servicio de taxi. Ver tabla 3.1 y 3.2.

Tabla 3.1. *Parámetros considerados en el análisis del servicio de taxi.*

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	NOMENCLATURA	UNIDAD
Número de carreras	Servicio o viaje que realiza un taxi y el sector en su conjunto. Productividad del sector.	n	$viajes/h$
Kilometraje	Distancia recorrida por hora de servicio a lo largo del ejercicio anual de la actividad. Es una medida de los costes directos de la actividad del taxista. Influye en la calidad medioambiental de una ciudad.	Q	km
Jornada laboral	Tiempo total en que el taxista trabaja activamente, es decir descontando los ratos de descanso en que no busca clientes.	T_{lab}	h
Tiempo entre carreras	Tiempo que transcurre entre la finalización de un servicio y el empiezo otro, dentro de la misma jornada laboral. Un elevado tiempo entre carreras señala que existe un espacio excesivo y por lo tanto improductividad entre viajes, así como una oferta de taxi muy grande con respecto a la demanda registrada.	T_{cc}	h

Precio de la carrera	Valor que le ingresa al taxista por servicio, asociado con la tarifación impuesta.	τ	€
Longitud de la carrera	Distancia recorrida por viaje.	d	km
Velocidad comercial	Velocidad del servicio de taxi. Muestra a qué hora se pueden cubrir mayores o menores distancias en un mismo tiempo. Es un indicador de la calidad del servicio y un factor importante para medir la oferta en cuanto a la competitividad desde el punto de vista del usuario.	v	km/h
Área de la ciudad	Medida de la extensión de una superficie.	A	km^2

Tabla 3.2. *Variables consideradas en el análisis del servicio de taxi.*

VARIABLE	DEFINICIÓN	NOMENCLATURA	UNIDAD
Oferta de taxis	Número de licencias aptas para prestar un servicio en un momento determinado.	λ	$veh/h \cdot km^2$
Demanda de taxis	Disposición a pagar que tienen los usuarios por hacer uso de un servicio de taxi. Depende tanto de las características socioeconómicas de la población como de la comparación entre las características de un viaje en taxi y los otros modos de transporte alternativos.	μ	$viajes/h \cdot km^2$
Ingresos	Indica el beneficio por hora trabajada y todos los periodos de provecho económico. Por medio de los ingresos se puede evaluar los beneficios del sector y la rentabilidad económica que tiene	I	€

	un taxista.		
Tiempo de viaje	Tiempo que transcurre el usuario dentro del vehículo.	T_v	h
Tiempo de espera	Tiempo que transcurre entre el cliente y el vehículo más cercano.	T_w	h
Tiempo de acceso	Tiempo que transcurre entre el cliente y la parada más cercana.	T_a	h
Valor del tiempo	Valor que representa el coste económico del tiempo de viaje total. Es la utilidad percibida por el usuario.	V_oT	$€/h$
Costes fijos	Costes que genera un taxi independientemente de la ejecución del servicio. Representan entre el 80 y el 90% de los costes totales.	C_h	$€/h$
Costes variables	Costes que están ligados con el movimiento del vehículo y los kilómetros recorridos. Representan aproximadamente entre el 10 y el 20 % de los costes totales.	C_{km}	$€/km$
Rentabilidad económica	Estudio del balance entre los beneficios y los costes de la actividad anual del taxista. La rentabilidad del profesional del taxi será el margen económico obtenido con la explotación de la licencia.	¿Rentable o no la actividad del taxista?	
Costes generalizados	Definido como la suma del valor monetario de todos los determinantes de la demanda de un servicio de taxi para una persona. Coste monetario del tiempo de viaje total, del coste de operación y del coste de infraestructura para la prestación del servicio.	G	$€\ veh/h$

3.2. Obtención de los parámetros y variables

3.2.1. Número de servicios o carreras

El número de servicios por hora dependerá del mes, del día de la semana y de la hora. En un día de trabajo, por ejemplo, un servicio de taxi en hora punta tomará más tiempo que en la noche. Además, puesto que los turnos de trabajo no son fijos, la hora es la única unidad que pueden ser comparados.

Una hora es un período de tiempo relativamente corto y el efecto frontera es importante. La hipótesis adoptada (Amat, 2010) es que sólo los servicios que terminan en la hora de estudio se consideran. De esta manera, si la cantidad de medidas es suficientemente grande, este error frontera está equilibrado. La figura 3.2 muestra el comportamiento del taxi ***j*** en la hora ***i.***

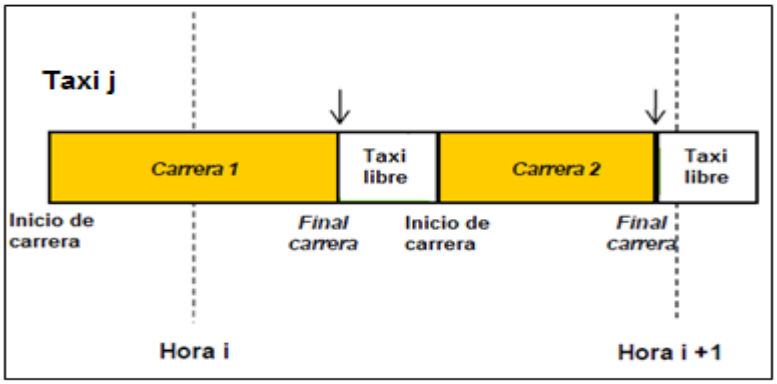


Fig. 3.2. *Comportamiento del taxi **j** en la hora **i*** (Fuente: Amat, 2010).

3.2.2. Kilometraje

El kilometraje es un parámetro que puede ser obtenido por medio del taxímetro, equipo capaz de almacenar toda la información referente con las carreras en taxi.

Se debe tomar una muestra aleatoria y anónima de taxis que dispongan, cada uno de un taxímetro y al mismo tiempo estén dispuesto a colaborar con dicha información; en caso de que no se disponga de la muestra de taxi otra forma de obtener dicho parámetro es comunicándose con el departamento competente en materia de transportes de taxi y solicitar los datos referidos sobre el kilometraje, para el desarrollo de este trabajo se lleva a cabo este procedimiento.

3.2.3. Jornada laboral

La jornada laboral de un taxista puede resultar a priori, algo bastantemente sencilla, si se dispone del registro de carreras diarias, compuesto por el tiempo en servicio y el tiempo libre, con lo cual la jornada laboral será la diferencia entre el primer y el último registro diario descontando los tiempos de descansos.

Si no se dispone de dicho registro el procedimiento a seguir es contactar con la administración y solicitar dicha información (jornada laboral) determinando el número de días laborables para un taxista, es decir, a los 365 días que conforman un año restarle los días de descanso más vacaciones.

3.2.4. Tiempo entre carreras

El tiempo entre carreras se ha de diferenciar como el tiempo en que el taxista está activamente buscando clientes de aquel en el taxista está descansando, es decir, el tiempo libre trabajado del tiempo libre descansado.

Siguiendo con la misma hipótesis planteada de que se contabilizan sólo los servicios que terminan en una hora de estudio, igualmente se aplica esta para los tiempos en los cuales el taxi está libre, es decir, se cuentan estos en la hora que terminen. Obteniendo así un tiempo máximo entre carreras de una hora aproximadamente.

3.2.5. Precio del servicio o carrera

En Salanova et al. 2011 la caracterización de las carreras (distancia media, duración media y la velocidad media) depende del tamaño y de la topología de la ciudad. La velocidad media depende de la política aplicada al sector del taxi y el nivel de congestión de la ciudad para cada intervalo de tiempo y zona. Este nivel de congestión se puede obtener en forma de un incremento - reducción de la velocidad usando el Diagrama Fundamental Macroscópico[1] (MFD) de la ciudad, donde se relaciona la velocidad media de la red con los vehículos por kilómetros. Los importes o precios unitarios dependen de la política aplicada por la ciudad para el sector del transporte.

Amat, 2010 establece que el precio de una carrera está determinado por la distancia recorrida y por el tiempo en servicio y que por medio del taxímetro se puede obtener su cálculo en tiempo real contabilizando el precio que aporte mayor ingreso ya sea recaudando por distancia o por tiempo.

[1] Geroliminis y Daganzo (2008) han demostrado la existencia de un único MFD.

Partiendo de una tasa kilométrica τ_{km} y una tasa horaria τ_h, se define la velocidad de cambio de arrastre con lo que sí es superada será más rentable cobrar por distancia, mientras que si no superada lo mejor será cobrar por tiempo. La velocidad de cambio de arrastre se puede definir así:

$$V_c = \frac{\tau_{km}}{\tau_h} \tag{3.1}$$

Por lo tanto, para calcular el precio de una carrera se considera que el trayecto en taxi se hace en ciclos teniendo en cuenta las siguientes características:

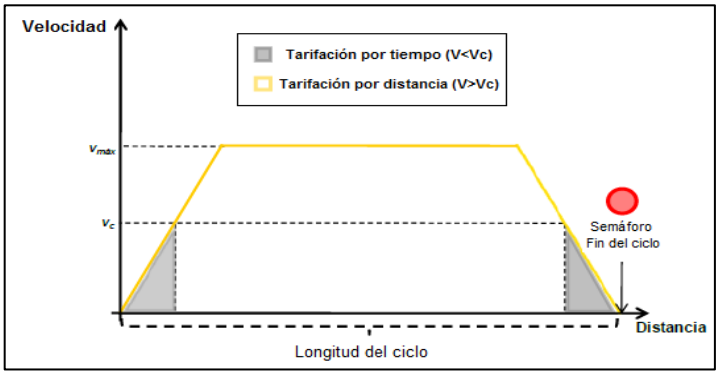


Fig. 3.3. *Diagrama de velocidad de un ciclo tipo.* (Fuente: Amat, 2010)

Siguiendo una aceleración constante, el taxi llega a su máxima velocidad, la cual se mantiene durante una cierta distancia. A partir de este momento el taxi desacelera hasta detenerse en un semáforo, por ejemplo, donde estará un cierto tiempo t, recorriendo una longitud total L realizándose n ciclos como este hasta alcanzar su destino.

Amat, 2010 establece la siguiente expresión considerando los conceptos de movimiento uniformemente acelerado, la bajada de bandera (C_b) y los posibles suplementos (C_s).

$$\tau = \tau_{km} \cdot L + \tau_h \cdot T + C_b + C_s \tag{3.2}$$

Donde L es la longitud total recorrida y T es el tiempo total que el taxi se ha detenido.

3.2.6. Oferta de taxis

Se contacta con el departamento competente en materia de transportes de taxis y se solicitan los datos referidos al número de taxis por hora que ofrecen el servicio con lo cual se escoge una semana tipo.

Para el desarrollo de este trabajo se ha contactado con el Institut Metropolità del Taxi (IMET), partiendo de una estimación existente de la oferta horaria de una semana tipo realizada por Opinòmetre, 2007 y considerando a su vez que si se aumenta el número de credenciales activas por ende aumentará la oferta (principio que conlleva a la actualización de dicha oferta) se establece la cantidad de taxis por hora en una semana tipo. Para ello se considera como hipótesis de crecimiento al cociente entre la suma de los taxis en cada hora de un mismo día y al número de credenciales activas que se mantiene constante.

Obtenido el nuevo número de credenciales activas se determina la cantidad de taxis por hora que se debe repartir durante el día, repartición que se hace de manera inversamente proporcional al número de taxis por hora, creándose la base de datos en Excel para dar inicio al análisis de los aspectos de diseño del servicio de taxi en una ciudad. A continuación se muestra el número de vehículos por hora en una semana tipo:

Tabla 3.3. *Número de vehículos por hora que ofrecen el servicio en una semana tipo.* (Fuente: Opinòmetre, 2007).

λ= Número de taxis que ofrecen servicio en una semana tipo (2007)							
Hora (h)	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
00:00 a 01:00	1265	1152	1206	1110	1342	2141	1417
01:00 a 02:00	1191	1085	1111	1089	1303	1919	1273
02:00 a 03:00	1078	896	953	998	1116	1606	1105
03:00 a 04:00	1249	808	934	877	1014	1226	1198
04:00 a 05:00	1195	946	923	1014	1148	1706	1430
05:00 a 06:00	1388	1482	1337	1504	1658	2183	1989
06:00 a 07:00	1684	2707	2490	2619	2447	2350	1619
07:00 a 08:00	4700	4417	4736	4453	4538	2432	2562
08:00 a 09:00	6408	6411	6666	6420	6553	3397	3390
09:00 a 10:00	7186	7260	7420	7143	7310	3955	3882
10:00 a 11:00	7162	7329	7342	7177	7289	4094	4322
11:00 a 12:00	7213	7336	7286	7184	7445	4169	4189
12:00 a 13:00	7048	7196	7220	7022	7344	4293	4217
13:00 a 14:00	5332	5574	5558	5461	5671	3704	3487
14:00 a 15:00	4150	4275	4214	4275	4097	2639	2786
15:00 a 16:00	4790	4682	4680	4591	4909	2794	2865
16:00 a 17:00	6159	6089	6015	5939	6436	3450	3208
17:00 a 18:00	6381	6462	6489	6445	6663	3535	3369

18:00 a 19:00	5892	5977	5755	5986	6003	3261	2900
19:00 a 20:00	5061	5266	4957	5266	5220	2968	2619
20:00 a 21:00	3870	4095	3866	4015	4032	2662	2273
21:00 a 22:00	2666	2925	2751	3006	2762	2227	1438
22:00 a 23:00	1691	1705	1646	1939	1813	1796	1008
23:00 a 00:00	1530	1594	1480	1698	1635	1520	821

3.2.7. Tiempo de viaje

El tiempo de viaje es el periodo transcurrido desde que el pasajero sube al vehículo (taxi) hasta que lo abandona.

En Zamora (1996) el valor del tiempo de viaje es una variable aleatoria para cada individuo que depende de las siguientes variables: nivel de la renta, edad del pasajero, motivo del viaje, ahorro del tiempo de viaje, comodidad de la ruta, longitud y duración de la ruta, hora del viaje, seguridad de la ruta, modo de transporte, índice de ocupación del vehículo, comodidad y seguridad.

Se observa entonces que la valoración del tiempo de viaje es un problema complejo y que hay que analizar con mucho cuidado, debido a esto se asumen unas simplificaciones adecuadas, como es el caso de la velocidad, la cual será una velocidad media comercial $\bar{v}$.

El problema consiste en calcular la distancia media entre dos puntos aleatorios del interior de un área con una cierta red de calles. Ésta distancia es proporcional a la raíz cuadrada del área A de tamaño A. Así pues la clave para encontrar la distancia media de viaje es el factor de proporcionalidad. La expresión que se ha dado para el tiempo de viaje T_v es la siguiente:

$$T_v = \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \qquad (3.3)$$

Donde r es el factor de la red y área.

Smeed y Holroyd investigaron este factor de proporcionalidad (relación entre la distancia euclidiana y la distancia de red) en geometrías de redes diferentes, proporcionando diferentes valores para cada tipo de red (directa, radial, anillo exterior e interior, rectangular) como se muestra en la Tabla.

Tabla 3.4. *Parámetros de redes propuestas por Smeed y Holroyd.* (Fuente: Zamora, 1996).

Red	Parámetros de red		
	Smeed	**Holroyd**	**r**
Distancia directa		0.905	1.00
Radial		1.333	1.47
Anillo exterior		2.237	2.47
Anillo interior		1.445	1.59
Arc radial		1.104	1.21
Rectangular	0.78 – 0.97	1.153	1.27
Triangular		0.998	1.1
Hexagonal		1.153	1.27
Irregular	0.80 – 1.06		

3.2.8. Tiempo de espera

El tiempo de espera es el periodo que transcurre desde que el pasajero está dispuesto para abordar el vehículo hasta que efectivamente lo hace.

A continuación se presenta como calcular el tiempo de espera, si el pasajero accede al taxi por medio de un despacho, de una carrera o se dirige hacia una parada.

- ✓ **Taxis despachados**

Zamora, 1996 plantea que en el mercado de despacho el tiempo de espera puede expresarse en términos de reacción y tiempo de acceso al taxi, es decir, es el tiempo de viaje entre el pasajero que espera y el vehículo libre más cercano y esto a su vez está en función de la densidad de taxis libres en la zona y el área de la zona. El propone que el tiempo de espera en mercado de despacho puede ser calculado así:

$$T_w = \frac{0{,}4 \cdot r}{\bar{v} \cdot \sqrt{\Delta}} \qquad (3.4a)$$

Donde la distancia depende de la densidad de taxis libre en la zona (Δ), y por lo tanto puede expresarse como la relación entre los taxis libres y el área de la zona. Es de saber que r es el factor de red como se mencionó anteriormente.

El número de taxis libres puede ser calculado como la diferencia entre el número total de taxis por hora (λA) y los taxis ocupados o asignados por hora. Luego, el número de taxis ocupados por hora es calculado como el producto entre la demanda total (μA) y el tiempo promedio de viaje ($\frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}}$). Se introduce un factor ε como suposición de la relación entre el tiempo de viaje y el tiempo de espera, entonces el tiempo de espera puede expresarse así:

$$T_w = \frac{0{,}4 \cdot r}{\bar{v} \cdot \sqrt{\frac{\lambda A - \mu A \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \varepsilon}{A}}} \qquad (3.4b)$$

- ✓ **Carreras de taxi**

Ahora bien, si el taxi se mueve en un mercado de carreras o está circulando constantemente por la calle Corominas, 1985 presenta otra metodología para calcular el tiempo que debe esperar un usuario para encontrar un taxi. Considerando que los taxis están pasando por un punto específico de la red en un intervalo constante (c) el tiempo de espera es igual al número de taxis que han pasado antes del primer taxi libre multiplicado por el intervalo de tiempo entre ellos. Con la hipótesis de que el intervalo entre taxis se distribuye de manera exponencial con una media de $1/c$ y siguiendo una distribución de Poisson con un valor de $c(1-w)$ se obtiene que el tiempo de espera es:

$$\mathrm{T}_w = \frac{1}{c(\lambda - w)} \qquad (3.5)$$

Donde w es la proporción de taxis ocupados.

- ✓ **Paradas de taxi**

En cuanto al taxi en paradas se plantean un enfoque aplicando la teoría de colas para una cola doble en donde el taxi y el usuario se encuentran mutuamente. Yang et al (2010a y 2010b), Matsushima and Kobayashi (2006 and 2010), Lo y Yip (2001) proponen la siguiente ecuación para obtener el tiempo de espera:

$$T_w = \frac{1}{\mu_p \left(1 - {}^{\eta}/_{\mu_p}\right)} \qquad (3.6)$$

Donde η y μ_p son las tasa de llegada y de servicio del taxi en una parada de taxis.

3.2.9. Tiempo de acceso

Es el tiempo transcurrido desde el punto exacto del origen (casa, trabajo, otros lugares) hasta que empieza el tiempo de espera y desde que el pasajero termina de descender del vehículo (taxi) hasta alcanzar el punto exacto del destino (casa, trabajo, otros lugares). En este trabajo solo se considerará como tiempo de acceso, el tiempo que se abarca en caminar hasta el lugar donde se aborda el vehículo (parada de taxi).

Si el usuario accede al taxi, estando éste en carreras o en despacho el tiempo de acceso es cero o muy pequeño, mientras que si se dirige hacia una parada de taxis el tiempo de acceso es mayor que cero. Se puede decir entonces que el tiempo de acceso es la relación que existe entre la velocidad promedio de un peatón ($\overline{v_p}$) y la distancia total recorrida hasta el lugar donde se encuentra la parada más próxima (L).

$$T_a = \frac{L}{\overline{v_p}} \tag{3.7}$$

3.2.10. Valor del tiempo

El valor del tiempo debe realmente interpretarse en términos del valor de ahorro de tiempo que puede lograrse en realizar una actividad, en este caso trasladándose de un lugar a otro.

El valor del tiempo se calcula para cuantificar el coste económico del tiempo total de viaje, si hablamos de pasajeros y el aumento de tiempo de viaje en caso de los taxistas.

Small, 1992 propone como valor del tiempo de viaje (σ) el 50% del salario medio por hora, mientras que Daganzo, 2010 plantea que sea 20 $ /h.

Por otra parte Zamora, 1996 presenta tres parámetros de ponderación que se utilizan con el fin de usar un valor del tiempo único (V_oT) para los usuarios de taxis. A continuación se presentan dichos parámetros que están relacionados con el tiempo de acceso, tiempo de espera y tiempo de viaje:

- ✓ $\propto$ = Coste de funcionamiento por hora del vehículo/coste por hora en el vehículo ($\propto$= 5).
- ✓ β = Coste por hora del tiempo de espera /coste por hora en el vehículo (β =2 – 3).
- ✓ γ = Coste por hora del tiempo de acceso / coste por hora en el vehículo (γ = 3).

$$V_oT = \sigma T_v + \beta T_w + \gamma T_a \quad (3.8)$$

3.3. Rentabilidad económica del taxista

Como se mencionó en el capítulo anterior la rentabilidad económica del taxista permite valorar si el desarrollo del profesional del taxi ofrece los resultados económicos pertinentes, la cual se basa en determinar por un lado los costes de la actividad del taxi y por otro lado los ingresos adquiridos con la ejecución del servicio. Este balance (beneficio del ejercicio) se compara con el beneficio empresarial razonable para observar si se alcanza o no este nivel de referencia.

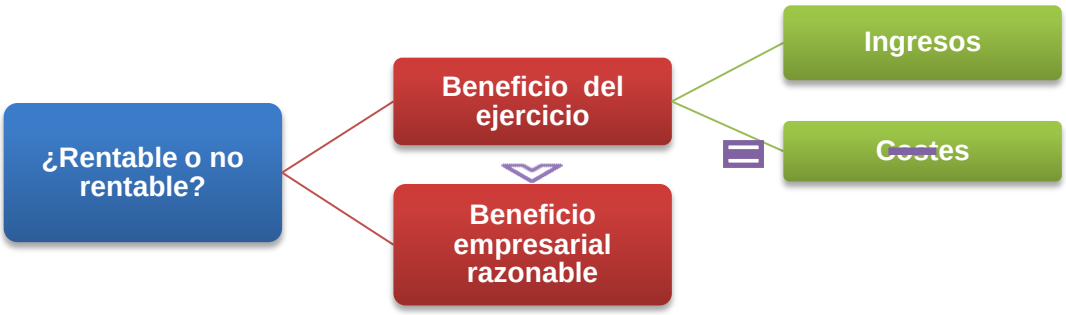


Fig. 3.4. *Metodología para el cálculo de la rentabilidad económica del taxista.*

3.3.1. Costes

Los *costes directos e indirectos* tienen una gran importancia en el desarrollo de este trabajo, ya que definen directamente el cálculo de los costes de la actividad del taxista, procedimiento necesario para estudiar la rentabilidad del ejercicio del profesional del sector.

El coste total de operar un taxi (coste de producción) se refiere a la suma de todas las unidades de coste de operación, tanto fijas como variables, con un elemento adicional asociado y con un nivel deseable de ingreso (el salario) pagado al conductor, y el elemento de salario es efectivamente la diferencia entre los ingresos tomados de pasajeros (cuadro de tarifas) menos los costes de producción.

La metodología empleada para calcular los costes directos e indirectos es la siguiente (Cenit, 2010):

Costes directos (variables)

Como se mencionó anteriormente los *costes directos* son aquellos ligados a la propia actividad del taxi (movimiento del vehículo) y a la prestación del servicio (kilómetros recorridos) y estos están conformados por:

- ✓ **Combustible**

El coste correspondiente al combustible depende del kilometraje efectuado anualmente, de las condiciones del mercado (consumo medio del vehículo) y del valor unitario del combustible. La fuente más confiable para obtener esta información es efectuando mediciones directas del rendimiento en el consumo medio del combustible del vehículo.

El primer paso consiste en calcular el consumo medio del combustible del parque de vehículos de taxi ($CMCV$) así: se pondera el consumo de la selección de vehículos para su valor porcentual dentro de la flota de taxis y se introduce un factor de conversión de consumo del producido a 60 km/h (que dan los fabricantes) a la velocidad media real de conducción en zona urbana (se debe tener en cuenta que este cambia según el día o la noche). La expresión 3.5 resume lo anteriormente dicho.

$$CMCV = \sum_{i=1}^{n} CMCV_{si} * \%flota_i * F \qquad (3.9)$$

Dónde:

$CMCV$ = Consumo medio del combustible representativo de la flota de taxis en $L/100\ km$.

$CMCV_{si}$ = **C**onsumo medio del combustible de los vehículos seleccionados en $L/100\ km$.

F = Factor de conversión del consumo de combustible.

n = Número de modelos seleccionados.

Como segundo paso, se encuentra el consumo medio anual del combustible a partir del consumo medio del combustible de los vehículos seleccionados y del kilometraje promedio recorrido anualmente como se muestra en la ecuación 3.10.

$$CoMC = (CMCV * QA)/100 \qquad (3.10)$$

Dónde:

$CoMC$ = Consumo medio anual del combustible en $L/años$.

QA = Número de kilómetros anuales en $km/años$.

$CMCV$ = Consumo medio del combustible representativo de la flota de taxis en $L/100\ km$.

Por otro lado se calcula el precio medio del litro de combustible (PMC) con el promedio de los precios anuales.

Luego entonces, el coste medio del combustible de un conductor de taxi (CMC) será el producto del consumo anual de combustible ($CoMC$) por el precio medio del mismo (PMC).

$$CMC = CoMC * PMC \tag{3.11}$$

- ✓ **Mantenimiento y reparaciones**

Se considera el mantenimiento y las reparaciones como el coste de revisión periódica al vehículo para conservarlo en óptimas condiciones. El coste anual de mantenimiento y reparaciones del taxi comprende las operaciones de mantenimiento y de limpieza del vehículo, así como el de las averías del sistema tarifario.

Para determinar el gasto anual es necesario considerar una muestra de vehículos representativos con sus respectivos recambios y reparaciones, como también la limpieza interior y exterior, la higienización y desinfección del vehículo.

- **Mantenimiento y reparaciones del vehículo**

De acuerdo con la tabla básica de mantenimiento de un vehículo se establecen los precios para cada operación de mantenimiento y reparación incluyendo el recambio, la mano de obra y la representatividad del modelo en cuestión.

Una vez se obtienen los costes de cada operación se introducen a la tabla básica de mantenimiento del vehículo con su frecuencia de cambio y una prima de riesgo (para cubrir la averías no contempladas en el mantenimiento) y se consideran todas las operaciones de mantenimiento y las reparaciones necesarias a lo largo de la vida útil del vehículo y se calcula una media a pagar anualmente.

Se escogen los principales modelos de taxis presentes en el parque de vehículos y la información se extrae de los concesionarios y talleres mecánicos oficiales.

La expresión 3.12 muestra lo anteriormente dicho.

$$MR = \sum_{i=1}^{n} (PR_i + PMO_i) * R_i \qquad (3.12)$$

Dónde:

MR = Coste de mantenimiento y reparación.

PR_i = Precio de recambio y reparación en € por unidad.

PMO_i = Precio de mano de obra en €.

n = Número de recambios o reparaciones consideradas en la tabla básica

de mantenimiento.

- **Limpieza y desinfección**

El valor medio de la limpieza, la higienización y la desinfección del vehículo (VML) comprende los gastos del lavado de la carrocería (LC), de la limpieza integral del interior del vehículo (LI) y de la higienización y la desinfección (HD) como se muestra en la siguiente ecuación:

$$VMN = LC + LI + HD \qquad (3.13)$$

Para la limpieza de la carrocería se opta por el coste en un túnel de lavado con una oferta de lavados ilimitados anuales.

- **Mantenimiento del sistema tarifario**

El coste anual del mantenimiento del sistema tarifario se realiza considerando que el equipo tiene dos años de garantía, que la vida útil del equipamiento es la misma que la del vehículo y que la posibilidad de avería de los equipos electrónicos es baja (2 averías a lo largo de su vida útil), por lo tanto, el coste total de las averías del taxímetro, de la impresora y del módulo luminoso se reparte uniformemente durante los años de servicio de la siguiente manera:

$$MST = ((AT + AI + AM)/VU) \qquad (3.14)$$

Dónde:

MST = Coste anual del mantenimiento del sistema tarifario.

AT = Coste total de las averías del taxímetro.

AI = Coste total de la averías de la impresora.

AM = Coste total de la averías del módulo luminoso.

VU = Vida útil de los equipos que es igual a la del vehículo.

- ✓ **Aceites y filtros**

El cambio de aceite y de filtros es un coste asociado con el kilometraje recorrido y depende del vehículo seleccionado. Se ha de tener en cuenta que en el precio facilitado por el concesionario están incluidas la operaciones de revisión del vehículo y perceptivas según el kilometraje.

Para determinar este coste es necesario establecer los kilómetros recorridos anuales, la frecuencia de cambio tanto de los filtros como de los aceites y sus respectivos precios que se determinan empleando la siguiente expresión:

$$AF = \sum_{i=1}^{n} (PAF_i + PMO_i) * UC_i \qquad (3.15)$$

Dónde:

AF = Coste total ponderado del recambio de aceite y filtros.

PF_i = Precio unitario de recambio de aceite y filtros en € por unidad.

PMO_i = Precio de mano de obra en €.

UC_i= Número de unidades cambiadas.

n = Número de recambios considerados.

Luego entonces el coste total es la suma de los costes parciales ponderados.

- ✓ **Neumáticos**

El coste anual de reposición de los neumáticos del taxi está relacionado con el kilometraje recorrido y con el tipo de neumáticos utilizado por los vehículos. Se deben considerar los neumáticos de acuerdo con las marcas y modelo escogido en el apartado de mantenimiento y reparación.

Se deben considerar también las operaciones de la alineación en la dirección.

Los modelos de neumáticos evaluados serán los utilizados por al menos un 20% de la flota de taxis, a partir del modelo de vehículo seleccionado. Además se establece el cambio de los cuatro neumáticos cuando se halla recorrido 40000 km.

Para determinar este coste se utiliza la siguiente expresión:

$$CAN = (PN * QA)/Freq \quad (3.16)$$

Dónde:

CAN = Coste medio anual de los neumáticos.

PN = Precio medio de 4 neumáticos

$Freq$ = Frecuencia de cambio de los 4 neumáticos.

Luego, el coste total de los neumáticos es la suma del coste medio anual de neumáticos (CAN) más el coste de operación de la alineación en la dirección.

Costes indirectos (fijos)

Como se explicó anteriormente los *costes indirectos* son todos aquellos costes relacionados con el ejercicio de la actividad, es decir, son los gastos que se producen independientemente de la ejecución del servicio y lo conforman:

- ✓ **Salario neto del conductor**

El salario para la persona que ofrece el servicio de conductor de taxi es el principal coste indirecto asociado a la actividad del taxista.

En primera medida se establece que el asalariado ha de percibir un salario bruto compuesto por un porcentaje equivalente al 40% de la recaudación bruta media más dos pagas extraordinarias anuales y un plus de festivo mensual por los días de descanso como lo muestra la siguiente expresión:

$$SBC = (40\%\ RMB) + (2 * PE) + (12 * PF) \quad (3.17)$$

Dónde:

SBC = Salario bruto del conductor.

RMB = Recaudación bruta media.

PE = Paga extraordinaria anual.

PF = Plus festivo.

La recaudación bruta media RMB, a su vez se obtendrá descontando el IVA a los ingresos anuales brutos de un taxista, determinado por las horas trabajadas anualmente y el ingreso medio por hora sobre la renta de las personas ($IRPF$) para así encontrar el salario neto del conductor después de aplicar los descuentos correspondientes a la seguridad social y al $IRPF$. Ver ecuación 3.18.

$$SNC = SBC - (SBC * SS) - (SBC * IRPF) \quad (3.18)$$

Dónde:

SNC = Salario neto del conductor.

SS = Porcentaje a descontar en concepto de seguridad social.

$IRPF$ = Porcentaje a descontar en concepto de impuesto sobre la renta de las personas.

- ✓ **Seguridad social**

Es la seguridad que deben pagar los profesionales autónomos del sector.

Las cuotas a ingresar a la seguridad social, se calcula con la siguiente expresión teniendo en cuenta el tipo de cotización que viene fijado según el salario bruto del conductor.

$$SS = TC * SBC \quad (3.19)$$

Dónde:

SS = Cuota anual por seguridad social en $€/\text{año}$.

TC = % del tipo de cotización.

- ✓ **Amortización del vehículo**

Es considerada como el coste del vehículo por el ejercicio de la actividad del taxi. En el cálculo de los costes anuales de amortización se tiene en cuenta que los profesionales del taxis en su mayoría adquieren el vehículo mediante un préstamo bancario, por lo tanto, los costes anuales de amortización del material se deben tener en cuenta y se ha de señalar que parte de la amortización del vehículo corresponden al capital y a los ingresos.

Para establecer este coste de amortización de los vehículo se debe conocer la flota utilizada para el servicio de taxis (se considerará aquellos modelos que representen como mínimo el 75% del total de la flota) y la antigüedad de éstos, para establecer el periodo de amortización.

El primer paso consiste en determinar el precio medio de un vehículo de taxi; diferenciando los modelos que están en el mercado de los que no están, así como la representatividad de cada vehículo en la flota. El precio de los modelos que se encuentran en el mercado (PV_m) viene dado por el precio franco de fábrica (PFF), la tasa de transporte (TT), el coste de pintura (CP) y la tasa de matrícula (TM) como se muestra en la ecuación 3.20.

$$PV_m = PFF + TT + CP + TM \tag{3.20}$$

En cuanto a los modelos que no se encuentran en el mercado (PV_{nm}) el precio actual se fija a partir del último dato que se disponga (PU) y del índice de precios industriales ($IPRI$). Ver expresión 3.21.

$$PV_{nm} = PU * \%IPRI \tag{3.21}$$

El valor final del precio medio de un vehículo (PMV) en la flota de taxis se establece ponderando los modelos que se encuentran (PV_m) y los que no se encuentran (PV_{nm}) en el mercado, según su representación en el parque de los vehículos actuales de taxis.

$$PMV = \sum PV_{m,i} * VPV_i + PV_{nm.j} * VPV_j \tag{3.22}$$

Dónde:

VPV = Valor porcentual de los vehículos seleccionados sobre el total de la flota seleccionada.

Se utiliza una amortización con términos constantes conocida como el método de amortización francés. Este método mantiene constante los términos de amortización durante toda la vida del préstamo, es decir, la suma del capital más los intereses se mantiene constante durante el periodo de amortización. La amortización de los vehículos (AV) se calcula según la fórmula siguiente, que depende del precio medio del vehículo (PMV), de la tasa de interés anual (Tia), y por los periodos de crédito concedido (y).

$$AV = \frac{PMV * Tia}{1 - (1 + Tia)^{-y}} \tag{3.23}$$

Una vez se obtienen los términos amortizables (AV_{Total} con la suma del capital y los intereses) se saca el coste anual por amortización (VAA) del vehículo dividiendo el total a amortizar por la vida útil del vehículo (VU):

$$VAA = AVTotal/VU \quad (3.24)$$

✓ **Parking**

Es el coste del alquiler de una plaza de aparcamiento. Este valor depende del domicilio del titular de la licencia.

✓ **Seguro**

Para el ejercicio de la actividad de servicio de taxis es indispensable tener un seguro de daños a terceros. Dado que la mayoría de los seguros son a terceros se prevé un coste adicional para cubrir los gastos relacionados con la siniestralidad no cubierta por el seguro, este coste se estima en un 28% del coste del seguro.

✓ **Impuestos**

Los tributos y las obligaciones fiscales que recaen en forma directa sobre la explotación del taxi son:

- **Impuesto de circulación (IVTM)**

Es el impuesto a pagar por circular y utilizar las vías públicas. Su valor depende tanto de la potencia como la clase del vehículo. Para calcular este impuesto se considera el precio que cobra cada municipio seleccionado y su valor porcentual sobre el total de los municipios.

$$IVTM = \%MS * ITVMm \quad (3.25)$$

Dónde:

$IVTM$ = Impuesto anual por circular.

$\%MS$ = Valor porcentual del municipio seleccionado.

$ITVMm$ = Valor del impuesto de circulación por municipio seleccionado.

- **Impuesto sobre la renta (IRPF)**

Se calcula a partir del régimen de estimación objetiva del impuesto sobre la renta de las personas en función del kilometraje efectuado anualmente (QA), del salario establecido por el personal no asalariado (PNA). Este impuesto se debe

pagar trimestralmente sin tener en cuenta la minoración por amortización del vehículo.

$$IRPF = \left(\left(QA * \left(IRPF_q/1000\right) + PNA\right) * \left(IRPF_a/100\right)\right) * 4 \qquad (3.26)$$

Dónde:

$IRPF$ = Impuesto sobre la renta de la personas en €/año

$IRPF_q$= Impuesto sobre la renta de las personas establecidas en €

cada 1000 kilómetros recorridos, es un valor cuatrimestral.

$IRPF_a$= Impuesto sobre la renta de las personas del personal no asalariado.

- **Impuesto sobre el valor añadido (IVA)**

Es el impuesto que debe pagar cada conductor trimestralmente mediante el régimen especial simplificado (módulo). Para su cálculo se considera: que la persona que explota la licencia sea un asalariado, el kilometraje anual (QA), que el IVA soportado en las operaciones corrientes a determinar esté en función de los costes y que el IVA soportado en inversiones sea de 0 €

Considerando el kilometraje recorrido anual (QA), el importe por cada 100 km (Q_q), el valor del personal empleado ($VPNA$) y el IVA soportado en operaciones corrientes (IVA_c), entonces el cálculo del impuesto sobre el valor añadido es como sigue en la siguiente fórmula:

$$IVA = \left(\left(QA * Q_q/1000\right) + VPNA\right) * 0{,}99 - IVA_c \qquad (3.27)$$

Una vez calculado cada uno de los tributos y obligaciones fiscales se determina el coste de los impuestos y tributos como lo muestra la siguiente expresión:

$$IP = IVTM + IRPF + IVA \qquad (3.28)$$

- ✓ **Amortización del sistema tarifario**

Es el coste del sistema tarifario (taxímetro, impresora y módulo) que el titular debe instalar al vehículo para el ejercicio de la actividad del taxi y del equipo de seguridad. Así mismo se considera que el profesional de taxi renueva el equipamiento del sistema tarifario cuando éste adquiere un nuevo vehículo y se entenderá que el préstamo que solicita es por todo el conjunto.

La metodología seguida es la misma descrita para la amortización del vehículo.

✓ **Administración y gestión**

Es un coste indirecto asociado a la gestión y a la administración de los diversos tributos y obligaciones fiscales que han de pagar los profesionales de taxi. Los servicios de asesoría fiscal contemplados son: declaraciones IVA-IRPF trimestral, resumen anual del IVA, declaración de la renta y consultas fiscales-laborables.

✓ **Amortización primer establecimiento**

Son los gastos inherentes a la puesta en marcha de la actividad del taxista. Se consideran los costes de la tasa de transferencia y los honorarios cobrados por los gestores para la gestión de dicha transferencia dando de alta la actividad. El periodo de amortización considerado es el de la vida media de una licencia.

✓ **ITV**

Es la inspección técnica del vehículo "taxi" que va asociada a la antigüedad del mismo vehículo. Si éste es inferior a los 5 años la ITV debe hacerse una vez al año, mientras que si el vehículo tiene 5 o más años de antigüedad la revisión debe ser semanal.

✓ **Cambio de tarifa anual**

Es el coste indirecto, aplicado cada año en establecer las nuevas tarifas urbanas aprobadas.

3.3.2. Ingresos

En lo que respecta al ingreso anual del taxista, el procedimiento a seguir es el siguiente: Se multiplica el número de servicios promedio ($\bar{n}$) que realiza el profesional del taxi en una hora, por el importe promedio ($\bar{\tau}$) que éste recibe por el servicio y por el número de hora anual de servicio (T_{lab}), la expresión 3.29 resume lo anteriormente dicho:

$$I = \bar{n} * \bar{\tau} * T_{lab} \qquad (3.29)$$

Para ello es necesario contactar con la entidad competente en materia de transportes de taxi y se solicitan los datos referidos al número de servicio por hora al igual que el importe ingresado, esto si no cuenta con un registro de carreras diarios.

3.3.3. Beneficio empresarial razonable

El beneficio razonable se establece para la determinación de las tarifas anuales de los taxis y también sirve como umbral de referencia para analizar la situación económica de los profesionales del sector.

El beneficio razonable se obtiene como un porcentaje de la rentabilidad económica neta sobre los activos siendo la licencia el activo de referencia del taxista correspondiente al beneficio razonable neto, como se puede ver en la ecuación 3.30.

$$BER = BRN * PMLI \tag{3.30}$$

Dónde:

BER = Beneficio razonable.

BRN = Beneficio razonable neto.

$PMLI$ = Precio medio de la licencia.

Por otro lado, el beneficio razonable neto es el resultado de restar los impuestos (cociente de los impuestos sobre los beneficios sobre el resultado ordinario neto) a la rentabilidad ordinaria del activo neto, considerando esta rentabilidad sobre las pequeñas empresas.

$$\%BRN = ROAN - ROAN(IB/RON) \tag{3.31}$$

Dónde:

$ROAN$ = Rentabilidad ordinaria del activo neto.

IB = Impuesto sobre los beneficios.

RON = Resultado ordinario neto.

3.4. Minimización de un sistema de coste

Un sistema de coste o coste generalizado es la suma del valor monetario de todas las determinantes como son: la demanda de un servicio de taxi para un pasajero (coste monetario del tiempo de viaje y el coste monetario del viaje), la oferta por parte del conductor de taxi (coste de operación o funcionamiento del taxi y los ingresos), el coste de ciudad (coste monetario del tiempo de viaje incrementado por otro usuario "congestión" y las emisiones) y el coste de la infraestructura para la prestación del servicio la cual depende del modo operacional, es decir, si el taxi opera en carreras, este coste es cero; si lo hace

utilizando paradas dicho coste es la construcción de paradas más el coste de oportunidad de espacio. Por otra parte si este ofrece sus servicios a través de despacho el coste de infraestructura son las comunicaciones y el coste de personal más el coste de oficinas. La siguiente ecuación resume lo anteriormente dicho:

$$G = C_u + C_d + C_c + C_i \tag{3.32}$$

Dónde:

G = Coste del sistema o coste generalizado

C_u = Coste del pasajero o usuario.

C_d = Coste del conductor.

C_c = Coste de la ciudad.

C_i = Coste de infraestructura.

Una vez planteado el sistema de coste se puede notar que los costes están en función de varios parámetros donde la variable de decisión es el número de taxi o tamaño de la flota en la red de una ciudad. Variable que es regulada por las autoridades competentes en su intento por reducir el coste del sistema de un servicio de taxi.

Con el fin de minimizar los costes del sistema se busca trabajar con el tamaño de flota óptimo, para ello se derivan los costes respecto a la oferta e igualamos esta derivada a cero para obtener la ecuación del valor óptimo del número de taxis en la red y el resultado se expresa en número de vehículos por hora de hora de servicio lo que significa número de vehículo.

$$Min\ Z = C_u + C_d + C_c + C_i \tag{3.33}$$

Dónde:

$$C_u = \mu \cdot A[V_o T \cdot (\alpha_a \cdot T_a + \alpha_w \cdot T_w + \alpha_v \cdot T_v) + \bar{\tau}] \tag{3.34}$$

$$C_d = \lambda \cdot A\left[\left(\bar{n} \cdot \bar{d} \cdot C_{km} + C_h\right) - \bar{n} \cdot \bar{\tau}\right] \tag{3.35}$$

Partiendo de que $\bar{\tau} = \tau_{km} \cdot \bar{d} + \tau_h \cdot \bar{t} + C_b + C_s$, $\bar{n} = \mu/\lambda$ y conociendo las respectivas expresiones del tiempo planteadas en la sección 3.2 se procede a reformular las ecuaciones 3.34 y 3.35 en términos de demanda, oferta y área de servicio. Por otra parte el precio del servicio solo se calculará en base a la distancia y bajada de bandera con el fin de simplificar cálculos, de igual manera

el coste de la ciudad y el coste de infraestructura no se analizarán debido a que no se encuentra dentro de los objetivo de este trabajo.

- ✓ **Despacho de carreras**

$$C_u = \mu \cdot A \left[V_o T \cdot \left(\alpha_w \cdot \frac{0{,}4 \cdot r}{\bar{v}\sqrt{\lambda - \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \cdot \varepsilon}} + \alpha_v \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \right) + \tau_{km} \cdot \left(\frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \right) + C_b \right] \quad (3.36)$$

- ✓ **Carreras de taxi**

$$C_u = \mu \cdot A \left[V_o T \cdot \left(\alpha_w \cdot \frac{1}{c(\lambda - w)} + \alpha_v \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \right) + \tau_{km} \cdot \left(\frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \right) + C_b \right] \quad (3.37)$$

- ✓ **Paradas**

$$C_u = \mu \cdot A \left[V_o T \cdot \left(\alpha_a \cdot \frac{L}{\overline{v_p}} + \alpha_w \cdot \frac{1}{\mu_p \left(1 - {}^{\eta}/_{\mu_p}\right)} + \alpha_v \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \right) + \tau_{km} \cdot \left(\frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \right) + C_b \right] \quad (3.38)$$

En cuanto a los costes del conductor la ecuación queda de la siguiente manera:

$$C_d = A \left[\left(\mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \cdot C_{km} \right) + (\lambda \cdot C_h) - \mu \cdot \left(\tau_{km} \cdot \left(\frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \right) + C_b \right) \right] \quad (3.49)$$

Luego entonces, el coste del sistema es:

- ✓ **Despacho de carreras**

$$Z = A\left[\mu \cdot V_o T \cdot \left(\alpha_w \cdot \frac{0{,}4 \cdot r}{\bar{v}\sqrt{\lambda - \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \cdot \varepsilon}} + \alpha_v \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}}\right) + \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \cdot C_{km}\right] + C_c + C_i \quad (3.40)$$

✓ **Carreras de taxis**

$$Z = A\left[\mu \cdot V_o T \cdot \left(\alpha_w \cdot \frac{1}{c(\lambda - w)} + \alpha_v \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}}\right) + \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \cdot C_{km} + \lambda \cdot C_h\right] + C_c \quad (3.41)$$

✓ **Paradas de taxis**

$$Z = A\left[\mu \cdot V_o T \cdot \left(\alpha_a \cdot \frac{L}{\overline{v_p}} + \alpha_w \cdot \frac{1}{\mu_p\left(1 - {}^{\eta}/_{\mu_p}\right)} + \alpha_v \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}}\right) + \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \cdot C_{km}\right] + C_c + C_i \quad (3.42)$$

Una vez determinado el coste del sistema para cada modo operacional de los taxi, se procede a calcular la oferta óptima mediante la derivación de la formulación de coste del sistema en relación a la oferta se iguala a cero, para luego despejar la oferta, obtenido el tamaño óptimo de la flota se halla el mínimo tiempo de espera como se presenta a continuación:

✓ **Despacho de carreras**

$$\frac{\partial C_u}{\partial \lambda} + \frac{\partial C_d}{\partial \lambda} = 0 \quad (3.43a)$$

$$\frac{\partial C_u}{\partial \lambda} = \frac{\partial\left(\mu \cdot A\left[V_o T \cdot \left(\alpha_w \cdot \frac{0{,}4 \cdot r}{\bar{v}\sqrt{\lambda - \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \cdot \varepsilon}} + \alpha_v \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}}\right) + \tau_{km} \cdot \left(\frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2}\right) + C_b\right]\right)}{\partial \lambda} \quad (3.43b)$$

$$\frac{\partial C_u}{\partial \lambda} = -\frac{\mu \cdot A \cdot V_o T \cdot \alpha_w \cdot 0{,}4 \cdot r}{2 \cdot \bar{v} \cdot \sqrt{\left(\lambda - \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \cdot \varepsilon\right)^3}} \tag{3.43c}$$

$$\frac{\partial C_d}{\partial \lambda} = \frac{\partial \left(A\left[\left(\mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \cdot C_{km}\right) + (\lambda \cdot C_h) - \mu \cdot \left(\tau_{km} \cdot \left(\frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2}\right) + C_b\right)\right]\right)}{\partial \lambda} \tag{3.43d}$$

$$\frac{\partial C_d}{\partial \lambda} = A \cdot C_h \tag{3.43f}$$

$$\frac{\mu \cdot A \cdot V_o T \cdot \alpha_w \cdot 0{,}4 \cdot r}{2 \cdot \bar{v} \cdot \sqrt{\left(\lambda - \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \cdot \varepsilon\right)^3}} = A \cdot C_h \tag{3.43e}$$

Entonces,

$$\lambda^* = \left(\frac{\mu \cdot \alpha_w \cdot V_o T \cdot 0{,}4 \cdot r}{2 \cdot \bar{v} \cdot C_h}\right)^{2/3} + \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}} \cdot \varepsilon \tag{3.43h}$$

Determinada la oferta óptima de obtiene el mínimo tiempo de espera remplazando dicha oferta en la ecuación 3.4b como se muestra a continuación:

$$T_w^* = \left(\frac{0{,}32 \cdot r^2 \cdot C_h}{\bar{v}^2 \cdot \mu \cdot \alpha_w \cdot V_o T}\right)^{1/3} \tag{3.44}$$

- ✓ **Carreras de taxi**

$$\frac{\partial C_u}{\partial \lambda} = \frac{\partial \left(\mu \cdot A\left[V_o T \cdot \left(\alpha_w \cdot \frac{1}{c(\lambda - w)} + \alpha_v \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2 \cdot \bar{v}}\right) + \tau_{km} \cdot \left(\frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2}\right) + C_b\right]\right)}{\partial \lambda} \tag{3.45a}$$

$$\frac{\partial C_u}{\partial \lambda} = -\frac{\mu \cdot A \cdot V_o T \cdot \alpha_w \cdot c}{[c \cdot (\lambda - w)]^2} \tag{3.45b}$$

$$\frac{\mu \cdot A \cdot V_o T \cdot \alpha_w \cdot c}{[c \cdot (\lambda - w)]^2} = A \cdot C_h \tag{3.45c}$$

$$\lambda^* = \left(\frac{\mu \cdot \alpha_w \cdot V_o T}{c \cdot C_h}\right)^{1/2} + w \tag{3.45d}$$

Así que:

$$T_w^* = \left(\frac{C_h}{c \cdot \mu \cdot \alpha_w \cdot V_o T}\right)^{1/2} \quad (3.46)$$

Si se remplaza λ^* y T_w^* en las ecuaciones 3.34 y 3.40 se obtiene que el coste óptimo del sistema es el siguiente:

$$Z^* = A \cdot \left[\lambda^* \cdot C_h + \mu \cdot \frac{r \cdot \sqrt[2]{A}}{2} \cdot \left(C_{km} + \frac{V_o T \cdot \alpha_v}{\bar{v}}\right) + \mu \cdot V_o T \cdot \alpha_w \cdot T_w^*\right] \quad (3.47)$$

3.5. Sistema de análisis del servicio de taxis - SAST

Estructurada la metodología de cálculo descrita en las secciones 3.3 y 3.4, que permiten evaluar y analizar el escenario de eficiencia del servicio de taxis en una ciudad tal y como es ofrecido y percibido por los usuarios, se busca reunir todos los parámetros y variables de estudio a través de SAST una herramienta informática (Excel que se ejecuta empleando hojas de cálculo), para facilitar y agilizar el análisis de la rentabilidad económica del ejercicio de la actividad del servicio del taxi y el papel de la administración con ente regulador en la entrada al sector definiendo el tamaño óptimo de la flota con el fin de reducir el sistema de costes para el servicio de taxi. En el anexo 1 se describe su funcionamiento.

El SAST se compone de dos fases, las cuales constituyen una secuencia ordenada de pasos a seguir, con el propósito de evaluar y analizar la rentabilidad económica del taxista y el tamaño óptimo de la flota, con el fin de mejorar el coste generalizado del sistema y minimizar el tiempo de espera. Las fases del SAST son las siguientes:

- ✓ Fase I: Rentabilidad económica del taxista. (Ver figura 3.5)
- ✓ Fase II: Sistema de costes. (Ver figura 3.6)

RENTABILIDAD ECONÓMICA DEL TAXISTA		
Datos de Entrada		
COSTES	DIRECTOS	Combustible Mantenimiento y reparaciones Aceites y filtros Neumáticos
	INDIRECTOS	Salario del conductor Seguridad Social Amortización: Vehículo, Sistema tarifario Otros
RESULTADOS	Beneficio Razonable Rentabilidad Económica	
Datos de Salida		

Fig. 3.5. *Fase I de SAST.*

SISTEMA DE COSTES	
Datos de Entrada Datos de Salida	
Gráficas	Oferta de Taxis Tiempo de Espera Tiempo de Acceso Coste del Usuario Coste del Conductor Coste Generalizado Óptimos

Fig. 3.6. *Fase II de SAST.*

CAPÍTULO 4

APLICACIÓN CASO REAL (ANÁLISIS DE RESULTADOS)

Una vez presentada la metodología de cálculo empleada para estudiar el servicio del taxi en una ciudad, se lleva a cabo analizar los resultados obtenidos utilizando SAST (Sistema de análisis de servicio de taxi - herramienta informática) aplicándolo a un caso real. En este caso se ha escogido el Área Metropolitana de Barcelona – AMB -, la cual es una de las ciudades más importantes de Europa, con una población superior a tres millones de habitantes, una superficie 636 km^2 conformada por 36 municipios y una densidad de 5093 hab/km^2.

4.1. Caracterización del escenario

El sector del taxi tiene una gran importancia en el Área Metropolitana de Barcelona - AMB – el cual constituye un importante modo de transporte para un entorno urbano de más de tres millones de habitantes, sector que es gestionado por el Instituto Metropolitano del Taxi - IMET-, organismo público encargado de controlar y determinar el número de licencias y credenciales, además de las tarifas y las condiciones de los vehículos. Actualmente el número de licencias activas es de 10523 y el precio medio de su valor es 120000 euros, por otra parte el número de credenciales en vigor es de 21946 de la cuales 13297 están activas. En cuanto a las tarifas el IMET establece los siguientes importes:

Tabla 4.1.*Tarifas urbanas e interurbanas.* (Fuente: IMET)

	Tarifa urbana e interurbanas			
	T -1	**T – 2**	**T -3**	**T – 4**
Días de aplicación	Laborables	Laborables, sábados y festivos	Laborables	Laborables, sábados y festivos
Horario de aplicación	08.00 a 20.00 h	Laborables (20.00 a 08.00 h) Sábados y festivos (00.00 a 24.00 h)	08.00 a 20.00 h	Laborables (20.00 a 08.00 h) Sábados y festivos (00.00 a 24.00 h)
Bajada de bandera	2,05	2,05	5,6	6,7

Precio/km	0,93	1,18	0,63	0,75
Hora de espera	20,00	20,44	17,25	20,68
Suplementos				
Aeropuerto entrada/salida	3,10		3,10	
Maleta > 55x35x35 t	1,00		1,00	
Viernes, sábado, domingo y festivo (00.00 – 06.00)	2,00		-	-
Noches especiales (20.00 a 08.00 h) 23/VI - 24/VI; 24/XII - 25/XII; 31/XII - 1/2010	3,10		-	-
Servicio salida aeropuerto importe mínimo de un servicio incluidos todos los suplementos	20,00		-	-
Obligatorio y gratuitito	Maleta 55x35X35 cm - Silla minusválido - Perro lazarillo - Coche de niño		Maleta 55x35X35 cm - Silla minusválido - Perro lazarillo - Coche de niño	
Servicio de radioemisora				
Precio máximo hasta el lugar de encochamiento	3,40	4,20	-	-
Importe mínimo de un servicio	7,00		-	-
Disponibilidad de cambio	20,00		-	-

Por otra parte, el IMET autoriza 12 marcas y 28 modelos de vehículos que pueden realizar el servicio de taxi en donde su media de edad es de cuatro años y siete meses y con un promedio de vida útil de siete años y cuatro meses entre los cuales se encuentran: Citroën C8, Fiat Croma, Seat Alhambra, Skoda Octavia, Volkswag. Passat B-6, Seat Altea-XL, Toyota Prius, etc.

El parque de vehículos indica la modernidad de la flota de taxis y esto a su vez la influencia que tienen con el medio ambiente por esto es muy importante el tipo de combustible que utilizan ya sea por su nivel de consumo o liberación de gases de efecto invernadero (ver tabla 4.2). El combustible más utilizado es la gasolina, le sigue el butano, luego los híbridos, el biodiesel y por último el gas natural. Además cerca del 0,8% de los taxis están adaptados para personas discapacitadas con problemas de movilidad. En cuanto al consumo del combustible, éste está en función de la propia circulación del vehículo en donde cada conductor recorre 49000 km/año.

En cuanto a la jornada laboral, el Reglamento Metropolitano del Taxi establece que el horario diurno el servicio mínimo será de diez horas, incluyendo las dos horas de descanso para las comidas y de ocho horas para el servicio nocturno, comprendido respectivamente entre las 06.00 h hasta las 22.00 h y desde las 22.00 h hasta las 06.00 h, por lo tanto un taxista en el Área Metropolitana de Barcelona labora aproximadamente 2390 h/año.

Tabla 4.2. *Antigüedad del parque de vehículos.* (Fuente: IMET)

Antigüedad	Porcentaje (%)
Menos de 5 años	59,4
Entre 5 y 7 años	20,3
Entre 7 y 10 años	15,7
Menos de 10 años	4,6

Tal como se muestra en la figura 4.1, el Área Metropolitana de Barcelona se encuentra dividida en 65 zonas identificadas a continuación (tabla 4.3):

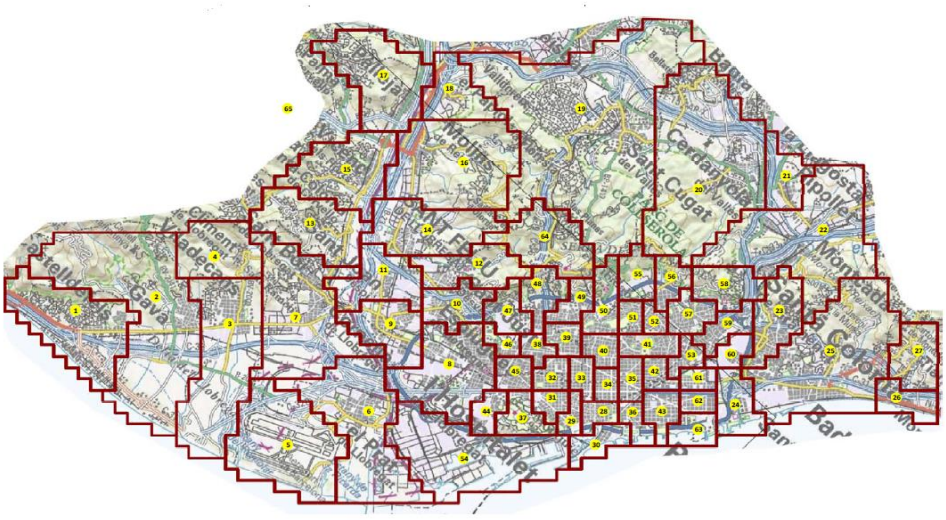


Fig. 4.1. *División de la región metropolitana de Barcelona (65 zonas).* (Fuente: Cenit, 2010).

Tabla 4.3. *Zonas de la región metropolitana de Barcelona.* (Fuente: Cenit, 2010).

1	Castelldefels	**23**	Sta. Coloma de	**45**	BCN – Sants

			Gramenet		
2	Gavà	24	St. Adrià de B.	46	BCN – Camp Nou
3	Viladecans	25	Badalona	47	BCN – Pedralbes
4	St. Climent de Ll.	26	Montgat	48	BCN – Sarrià
5	Aeroport	27	Tiana	49	BCN – Bonanova /Tres Torres
6	El Prat de Ll.	28	BCN – Gòtic/Born	50	BCN – Alta gràcia
7	St. Boi de Ll.	29	BCN - Raval	51	BCN – El Carmel
8	L'Hospitalet de Ll.	30	BCN – Barceloneta /Port Vell	52	BCN – Guinardó Alt
9	Cornellà	31	BCN – St. Antoni /Poble Sec	53	BCN – Navas/Sagrera
10	Esplugues de Ll.	32	BCN – Eixample Esquerra	54	BCN – Zona Franca /Port
11	St. Joan Despí	33	BCN – Eixample Centre	55	BCN – Vall d'Hebron /Mont bau
12	St. Just Desvern	34	BCN – Eixample Dreta	56	BCN – Horta
13	Sta. Coloma de Cervelló	35	BCN – Sagrada Familia /Fort Plens	57	BCN – Baix Nou Barris
14	St. Feliu de Ll.	36	BCN – Vil·la Olímpica	58	BCN – Alt Nou Barris
15	St. Vicenç dels Horts	37	BCN – Montjuïc	59	BCN – St. Andreu
16	Molins de Rel	38	BCN – Les Corts	60	BCN – Bon Pastor
17	Pallejà	39	BCN – Francesc Macià	61	BCN – St. Martí / La Pau
18	El Papiol	40	BCN – Baixa Gràcia	62	BCN – Provençals/La Mina
19	St. Cugat del V.	41	BCN – Guinardó/Congrés	63	BCN – Diagonal Mar/ Fòrum
20	Cerdanyola del V.	42	BCN – Camp de l'Arpa /El Clot	64	BCN – Vallvidrera
21	Ripollet	42	BCN – Poblenou	65	Interurbà

22	Montcada i Reixach	44	BCN – Marina del Montjuïc

Este trabajo de investigación centrará su análisis en Barcelona – ciudad (desde la zona 28 a la zona 64), con una superficie de 101,9 km^2 ciudad en donde la mayoría (90% aproximadamente) de los servicios de taxis tienen su origen y se concentran allí, sucediendo de igual forma sucede con las destinaciones, reuniendo cerca de un 87% del destino de los viajes, como se puede observar en la figura 4.2.

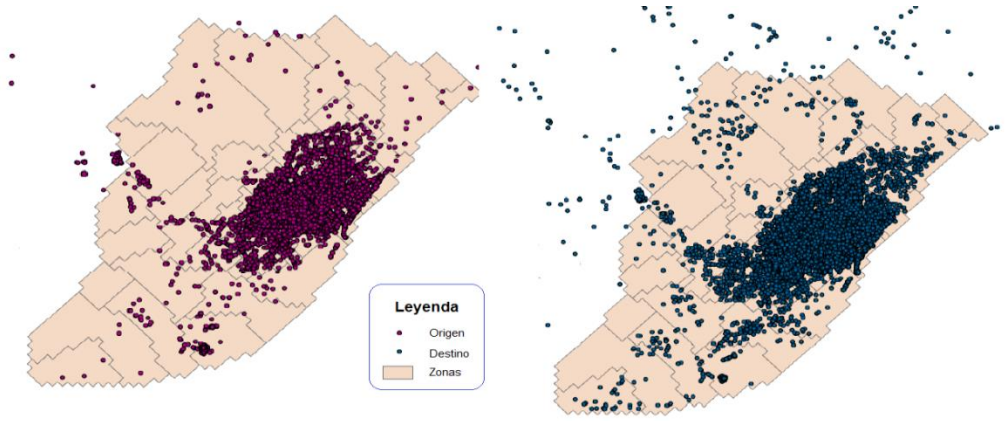


Fig. 4.2. *Origen y destinos de los viajes en Barcelona - Ciudad.* (Fuente: Cenit, 2010)

Según Cenit, 2010 aproximadamente el 85 % de los servicios son accedidos por medios de carreras de taxi, el 8% de los viajes se contratan en las paradas, conociendo que la ciudad de Barcelona cuenta con 202 paradas de taxi y el 7% se concretan a través de las 23 radioemisoras que operan en dicha ciudad, estás 23 radioemisoras tienen como afiliados un poco más de un tercio del total de los taxis. Por otra parte, se contabilizan cerca de 128 empresas de taxi con 550 licencias empleadas y 1200 conductores contratados aproximadamente.

La carrera media en la ciudad de Barcelona presenta características tales como (ver tabla 4.4):

Tabla 4.4. *Definición de la carrera media, Barcelona – Ciudad.* (Fuente: IMET).

Carrera media Barcelona			
Laboral		Fin de semana	
Día	Noche	Día	Noche

Distancia (km)	4,82	5,10	4,94	4,89
Duración (min)	12,78	11,37	11,97	11,09
Velocidad Comercial (km/h)	21,01	25,16	23,27	24,91
Importe (€)	8,60	9,83	9,69	10,3
Carreras por hora de servicio de taxi	1,77	1,79	1,85	2,25

4.2. Rentabilidad económica del taxista

Como se mencionó en el capítulo anterior la rentabilidad económica del taxista permite valorar si el desarrollo del profesional del taxi ofrece o no los resultados económicos pertinentes, en donde se determina por un lado los costes de la actividad del taxi y por otro lado los ingresos adquiridos con la ejecución del servicio. El beneficio del ejercicio se compara con el beneficio empresarial razonable para observar si se alcanza o no este nivel de referencia.

Siguiendo la metodología planteada en el capítulo anterior para el cálculo de los costes, la cual estipula determinar cada uno de los componentes que conforman el conjunto de los costes directos e indirectos se obtienen los costes anuales de la actividad del taxista para luego éstos ser analizados de modo independiente. La tabla 4.5 presenta el valor anual de cada uno de los costes que intervienen en dicha actividad.

Analizando los resultados de la tabla 4.5 se puede notar que los costes directos (variables) representan el 23,26 % y los costes indirectos (fijos) el 76,74 % de los costes totales aproximadamente. A su vez, el salario del conductor es el coste más distintivo (43,60%) de los gastos que conlleva el ejercicio de la actividad del taxi y que junto con la seguridad social conforman más de la mitad (57,99%) de los costes totales. Seguido se encuentra el coste del combustible con un 15% aproximadamente, este coste es el más representativo de los costes directo el cual va a depender del kilometraje efectuado anualmente por el conductor, de la condiciones del mercado (consumo medio del vehículo) y del precio unitario del combustible.

La amortización del vehículo (coste indirecto) se encuentra en un cuarto lugar con casi 7,5% de los costes totales, luego los gastos de mantenimiento y reparación del vehículo (5,33%), coste necesario debido a la necesidad de tener el vehículo en óptimas condiciones al momento de ofrecer el servicio. Los costes de parking y seguros representan cada uno casi un 4% de los costes totales del ejercicio de la actividad, de igual manera le siguen los gastos en impuestos (2,68%), en filtros y aceites (1,64%) y en neumáticos (1,17%).

Por último se localizan los costes de amortización del sistema tarifario (0,75%), de administración y gestión (0,37%), de amortización del primer establecimiento

(0,45%), de ITV (0,17%) y del cambio de tarifa anual (0,09%) que son costes fijos con menor representación con respecto a los costes totales pero igualmente necesarios para el ejercicio de la actividad.

En lo que respecta a los ingresos (entrada económica que recibe el taxista por ofrecer el servicio), se puede decir que es el primer indicador de la situación económica del sector del taxi y la productividad del taxista en la ciudad de Barcelona y que junto a los datos suministrados por el IMET se puede notar que las horas más rentables independientemente de los días son las nocturnas debido a que hay una mayor demanda de usuarios. En cuanto a la productividad resulta más productivo para el taxista los fines de semana ya que la demanda está atada a las actividades sociales y culturales de los ciudadanos básicamente en los horarios nocturnos.

Siguiendo la metodología planteada en el capítulo anterior, el sector del taxi de la ciudad de Barcelona ha registrado unos ingresos anuales de 43634,11 euros (Ver tabla 4.5), y unos costes anuales 40081,92 euros por taxista alcanzando el beneficio empresarial razonable cuyo nivel de referencia es de 3455,35 euros por lo tanto, se puede afirmar que la actividad del taxista en la Ciudad de Barcelona es rentable.

Tabla 4.5. *Resumen – Rentabilidad del taxista.*

DATOS DE SALIDA - RENTABILIDAD DEL TAXISTA					
COSTES ANUALES DE LA ACTIVIDAD DEL TAXISTA					
COSTES DIRECTOS			**COSTES INDIRECTOS**		
Concepto	**Coste anual (€)**	**Porcentaje (%)**	**Concepto**	**Coste anual (€)**	**Porcentaje (%)**
Combustible	6061,07	15,12	Salario del conductor	17474,76	43,60
Mantenimiento y reparaciones	2135,95	5,33	Seguridad social	5766,86	14,39
Filtros y aceites	657,11	1,64	Amortización del vehículo	2994,70	7,47
Neumáticos	469,66	1,17	Parking	1372,09	3,42
			Seguros	1342,82	3,35
			Impuestos	1072,64	2,68
			Amortización del sistema tarifario	299,77	0,75
			Administración y gestión	150	0,37
			Amortización 1er establecimiento	180	0,45
			ITV	69,5	0,17
			Cambio de tarifa anual	35	0,09
Costes directos (€)	**9323,79**	**23,26**	**Costes indirectos (€)**	**30758,13**	**76,74**

Coste total anual del servicio	40081,92	€
Ingresos anual del servicio	43634,11	€
Beneficio del ejercicio	3552,19	€
Beneficio empresarial razonable	3455,35	€

Rentabilidad de la actividad	Alcanza el BER	→	**Rentable**

4.3. Sistema de costes

4.3.1. Oferta

Partiendo de la estimación de la oferta horaria en una semana tipo realizada por Opinòmetre, 2007 y considerando a su vez que si aumenta el número de credenciales activas, por ende aumentará la oferta, se determina la cantidad de taxis por hora que ofrecen el servicio en la ciudad de Barcelona. A continuación se muestra el número de vehículos por hora en una semana tipo:

Tabla 4.6. *Número de vehículos por hora que ofrecen el servicio en una semana tipo en la ciudad de Barcelona.*

λ= Número de taxis que ofrecen servicio en una semana tipo (2012)							
Hora (h)	**Lunes**	**Martes**	**Miércoles**	**Jueves**	**Viernes**	**Sábado**	**Domingo**
00:00 a 01:00	1381	1280	1329	1247	1464	2213	1503
01:00 a 02:00	1323	1220	1244	1229	1428	1999	1369
02:00 a 03:00	1223	1060	1108	1150	1262	1702	1215
03:00 a 04:00	1374	990	1092	1050	1175	1351	1300
04:00 a 05:00	1326	1101	1083	1164	1290	1796	1515
05:00 a 06:00	1501	1581	1448	1605	1756	2253	2050
06:00 a 07:00	1777	2761	2549	2677	2514	2415	1694
07:00 a 08:00	4733	4450	4767	4487	4574	2495	2610
08:00 a 09:00	6432	6434	6688	6444	6578	3442	3426
09:00 a 10:00	7208	7280	7440	7164	7332	3994	3913
10:00 a 11:00	7184	7349	7362	7198	7311	4132	4350
11:00 a 12:00	7235	7356	7306	7205	7467	4206	4218
12:00 a 13:00	7070	7216	7240	7044	7366	4329	4246
13:00 a 14:00	5361	5600	5585	5489	5700	3745	3522
14:00 a 15:00	4188	4309	4249	4311	4137	2697	2830
15:00 a 16:00	4823	4713	4712	4624	4942	2849	2908
16:00 a 17:00	6184	6113	6040	5965	6461	3495	3246
17:00 a 18:00	6406	6485	6512	6469	6687	3578	3405
18:00 a 19:00	5919	6002	5781	6011	6030	3308	2942
19:00 a 20:00	5092	5294	4987	5295	5251	3020	2666
20:00 a 21:00	3911	4131	3904	4053	4072	2720	2327
21:00 a 22:00	2725	2975	2805	3057	2821	2296	1523
22:00 a 23:00	1784	1791	1736	2017	1903	1882	1129
23:00 a 00:00	1632	1686	1580	1788	1735	1621	970

La oferta de taxis depende del número de licencias hábiles para prestar el servicio en un momento determinado, como estipula el Instituto Metropolitano del Taxi – IMET, que los taxis en la ciudad de Barcelona disfrutarán de dos días de descanso semanal, el primero, de carácter obligatorio comprendido entre lunes a viernes y el segundo entre sábado y domingo, estos días de descanso vienen dados por el número en que finaliza la licencia.

Como se puede ver en la figura 4.3 en un día laboral el número de vehículos que ofrece el servicio de taxi es mayor que en un fin de semana. En cuanto al comportamiento que refleja la oferta se puede decir que ésta empieza a aumentar entre las cinco y las seis de la mañana llegando, a un máximo que se mantiene casi constante entre las nueve y la trece del medio día y a partir de este momento disminuye progresivamente hasta la quince de la tarde para luego tener un nuevo ascenso paulatino hasta llegar a las dieciocho de la tarde para finalmente comenzar a disminuir hasta completar el día, por lo que, la oferta es mayor en el día que en la noche.

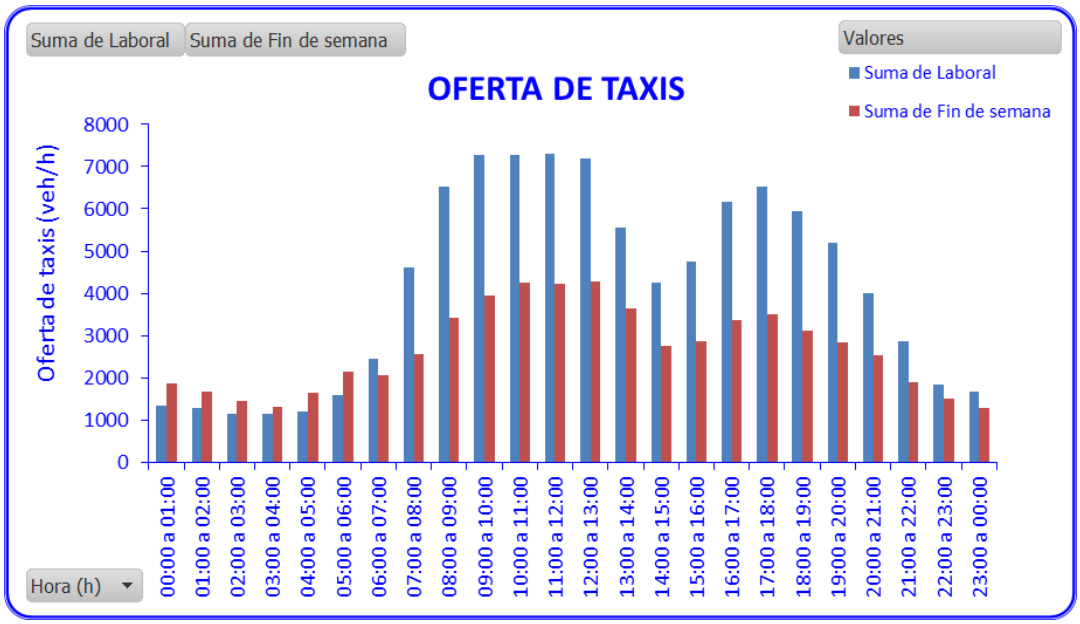


Fig. 4.3. *Oferta de taxi en día laboral y en fin de semana.*

La figuras 4.4 presentan el número de taxis promedio que ofrecen el servicio en día laboral y en fin de semana, con lo cual Barcelona oferta un promedio de 4129 taxis en un día laboral y 2675 en un fin de semana. Por otra parte, los días con mayor oferta de taxis son el viernes y el sábado, como se puede ver en la figura 4.5, con un promedio de 4219 taxis y 2814 taxis respectivamente.

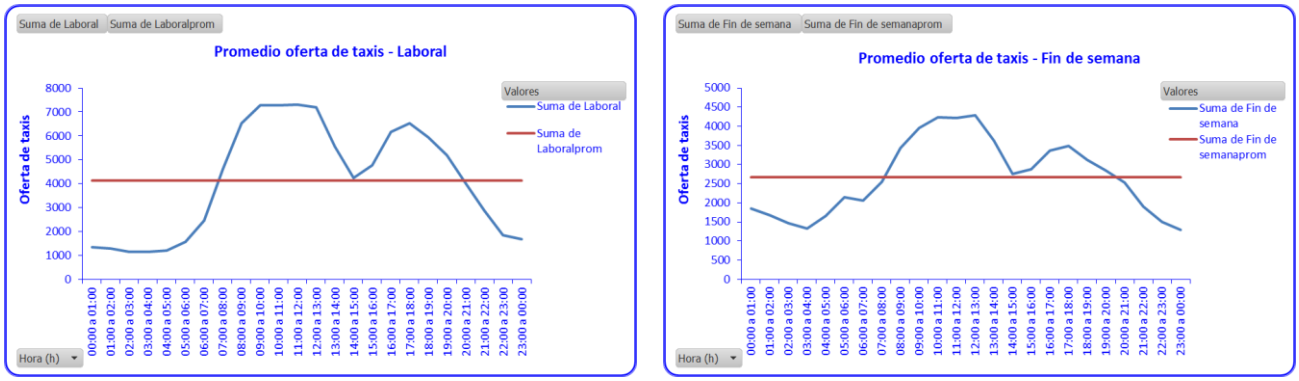


Fig. 4.4. *Oferta promedio en un día laboral y en un fin de semana*

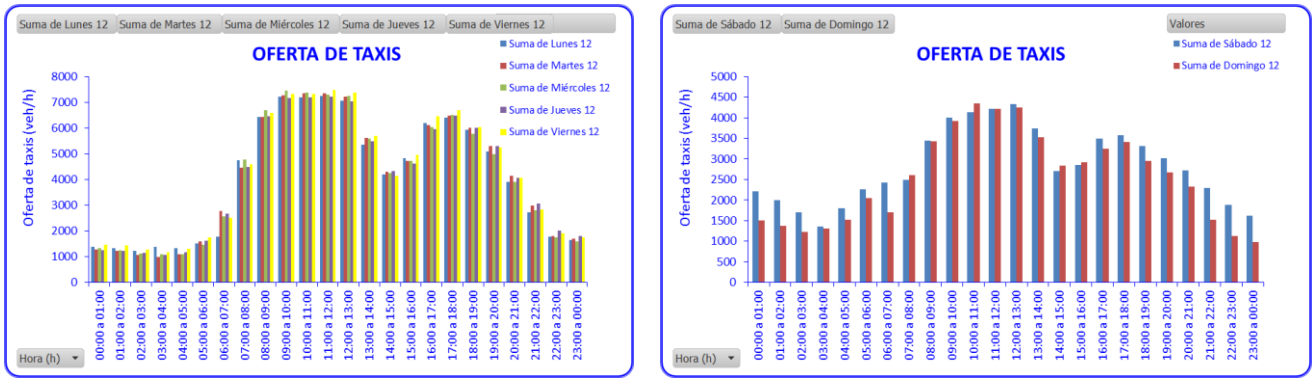


Fig. 4.5. *Oferta de una semana tipo días laborales y fin de semana.*

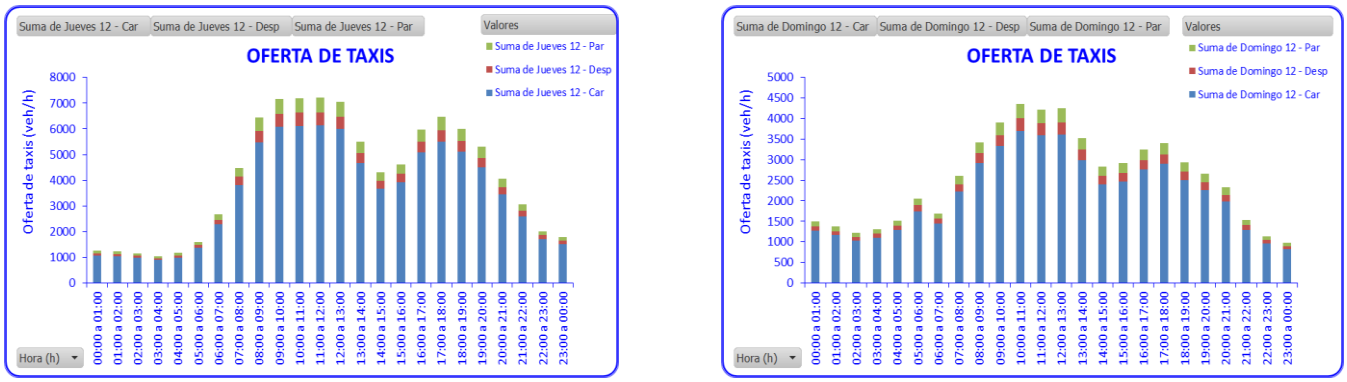


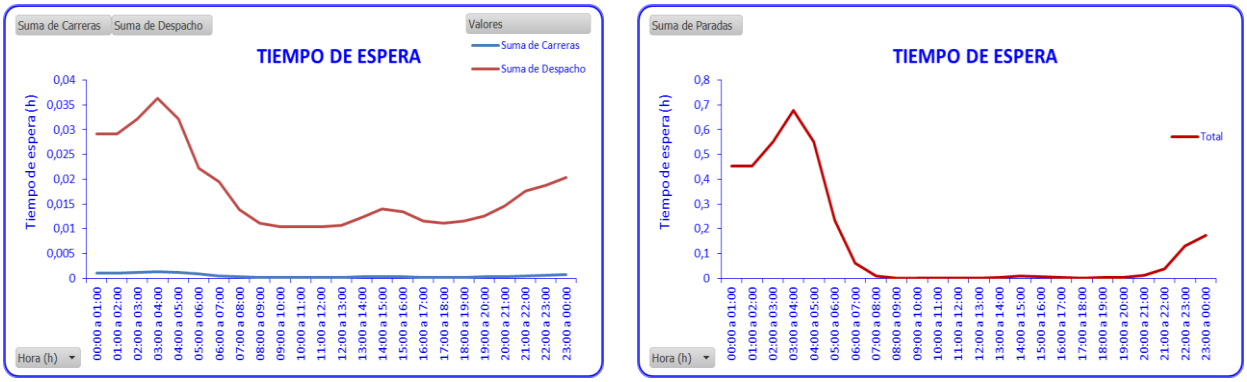
Fig. 4.6. *Porcentaje de la forma de acceder al servicio (carreras, despachos y paradas) de taxi en un día laboral y en un fin de semana.*

En cuanto a la forma de acceder al servicio en la ciudad de Barcelona se nota un gran predominio (85% aproximadamente) en la carreras de taxis, seguido de las paradas de taxis las cuales representan un 8% de la oferta total y por último se encuentran los viajes concertados por medio de una radioemisora. La forma de contratar el servicio de una manera u otra va depender de las características socioeconómicas del ciudadano como la edad, sexo, ocupación, etc., por otro lado cuando el usuario accede al servicio por medio de una carrera tiene la ventaja de no caminar y no tener un servicio tardío, ya que este se cruza en la calle con el taxi, lo cual significa desventaja para la paradas de taxi debido a que el cliente debe caminar hasta la parada de taxis más cercana y desventaja para el servicio pre-reservado telefónicamente a un centro de despacho.

4.3.2. Tiempo de espera

El tiempo de espera, es el tiempo que transcurre entre el ciudadano usuario del servicio de taxi y el taxi más cercano. Como se puede observar en la figura 4.7 el tiempo de espera se comporta de igual manera si se contrata el viaje en la calle o a través de una radio-emisora o utilizando una parada de taxi, en donde éste presenta su mayor valor en las horas de la noche a eso de las dos y cuatro hora; a partir de ese momento disminuye progresivamente llegando a su mínimo valor, el cual se mantiene casi constante durante el transcurso de la jornada diurna. Señalando además que a partir de las veinte horas inicia nuevamente un aumento paulatino. Luego entonces, el tiempo de espera es menor en las horas del día aumentándose en las horas de la noche ya que a mayor número de taxis ofertado menor es el tiempo que debe pasar para que pasajero acceda al servicio y/o viceversa.

Además, los tiempos de espera en un mercado de despacho son mayores que en un mercado de carreras debido a que el tiempo de espera en un mercado de despacho está compuesto por el tiempo de viaje entre el usuario que espera por el servicio y el vehículo más cercano localizado por la radioemisora, que está en función de la densidad de taxis libres en la zona solicitada y el área de dicha zona, mientras que el tiempo de espera en un mercado de carreras es el tiempo que el pasajero debe esperar hasta que el primer taxi libre llegue donde él, a partir de un momento aleatorio cuando se decide a tomar el taxi.



(a) (b)

Fig. 4.7. *Tiempo de espera en día laboral para un mercado de carreras, despachos (a) y paradas de taxi (b).*

Si se analiza la variación del tiempo con respecto al número de vehículos se puede notar que el tiempo de espera presenta un comportamiento decreciente es, decir, a mayor número de taxis ofertados, menor es el tiempo que debe esperar el usuario para acceder al servicio y/o viceversa, situación que no sucede con el tiempo de acceso ya que este se mantiene constante a medida que aumenta el tamaño de la flota, lo que significa que el usuario va a consumir el mismo tiempo de acceso si la ciudad oferta 1000 o 5000 vehículos por hora. (Ver figura 4.8).

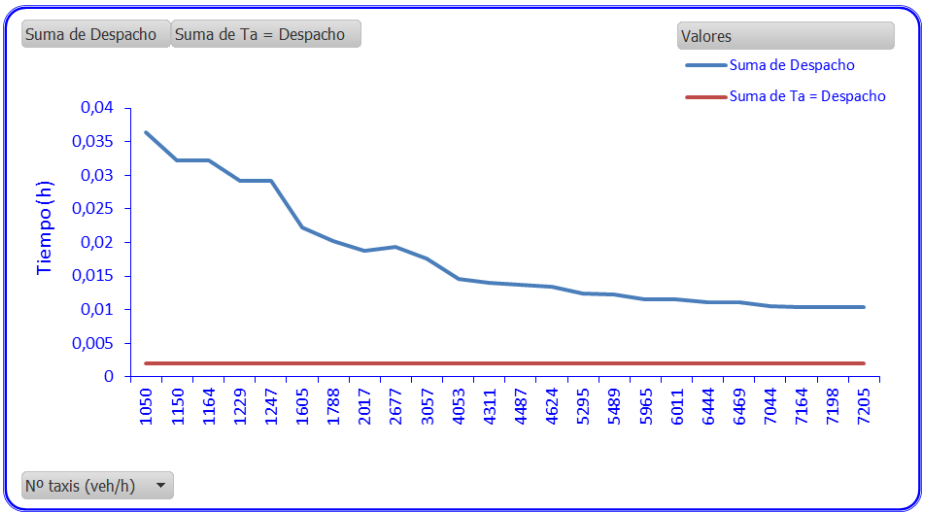
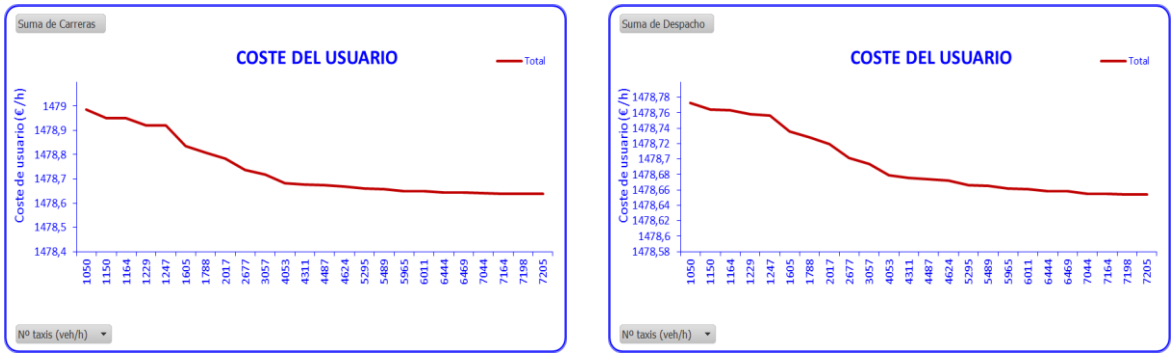


Fig. 4.8*. Comportamiento del tiempo en función del número de vehículos.*

4.3.3. Coste de usuario

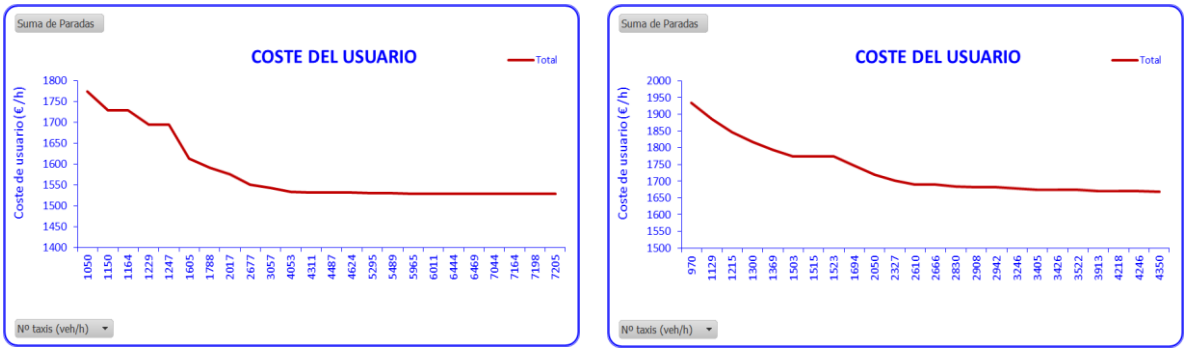
El coste del usuario está compuesto por la sumatoria de los valores monetarios del tiempo de viaje y del viaje que estarán en función del tiempo de acceso, del tiempo de espera, del tiempo de viaje cuando el usuario esté dentro del vehículo y de la tarifa asignada y esto a su vez con la caracterización de las carreras que están relacionadas con el tamaño y la tipología de la ciudad.

En la figura 4.9 se observa que el coste del usuario presenta un comportamiento decreciente a medida que aumenta el número de taxi ofertados ya que a mayor número de vehículos en servicio, es menor el tiempo de espera por parte de los usuarios, lo que refleja una disminución en el valor monetario del tiempo y por lo tanto una reducción en el coste. En cuanto a la forma de acceder al servicio, el coste del usuario es casi el mismo si se contrata el servicio en la calle o por medio de una radioemisora o utilizando una parada de taxi ya que la mínima variación entre una forma y otra va a depender del tiempo que tarde el usuario en acceder al servicio.



(a) (b)

Fig. 4.9. *Coste de usuario en carreras (a) y despachos (b) en un día laboral.*



(a) (b)

Fig. 4.10. *Coste de usuario en un día laboral (a) y en un día de fin de semana (b).*

El coste del usuario en un día laboral es menor que en un día de fin de semana porque el pasajero tarda menos en acceder al servicio de taxi debido a un mayor número de vehículos ofertados, como puede observarse en la figura 4.10. Es decir, los habitantes de la ciudad de Barcelona en un día laboral tienen un coste máximo de 1479 euros aproximados para 1050 vehículos ofertados y un coste mínimo de 1478 euros para 7205 vehículos y en un día de fin de semana tienen un coste máximo de 1930 euros para 970 vehículos y un mínimo coste de 1669 euros para 4350 vehículos.

4.3.4. Coste del conductor

El coste del conductor o taxista es la diferencia entre el coste de ofrecer el servicio de taxi y los ingresos o remuneración que obtiene éste por realizar dicho servicio. Como se puede observar en la figura 4.11 los costes del conductor reflejan valores negativos, lo que significa que el conductor presenta beneficios por la actividad del ejercicio del taxi ya que a menor número de vehículos ofertados mayor será su productividad para un mismo nivel de demanda.

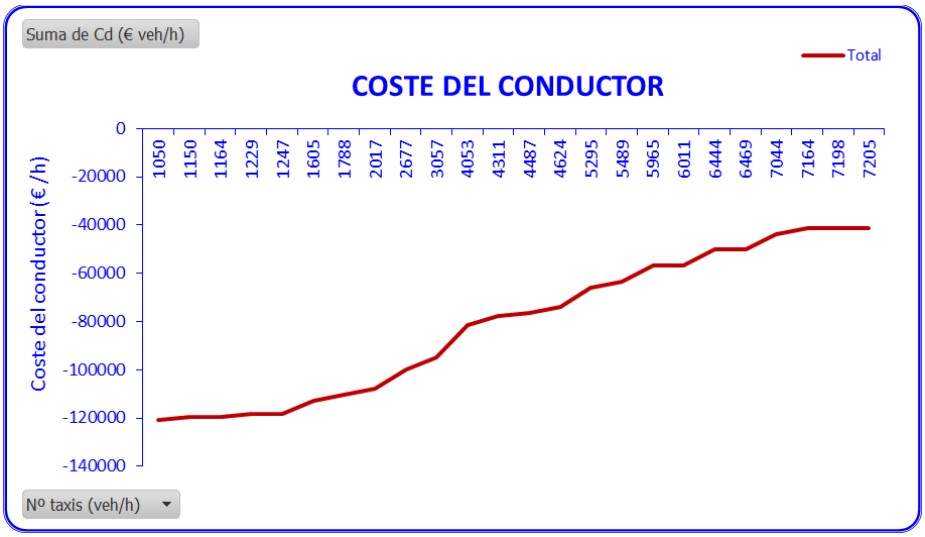


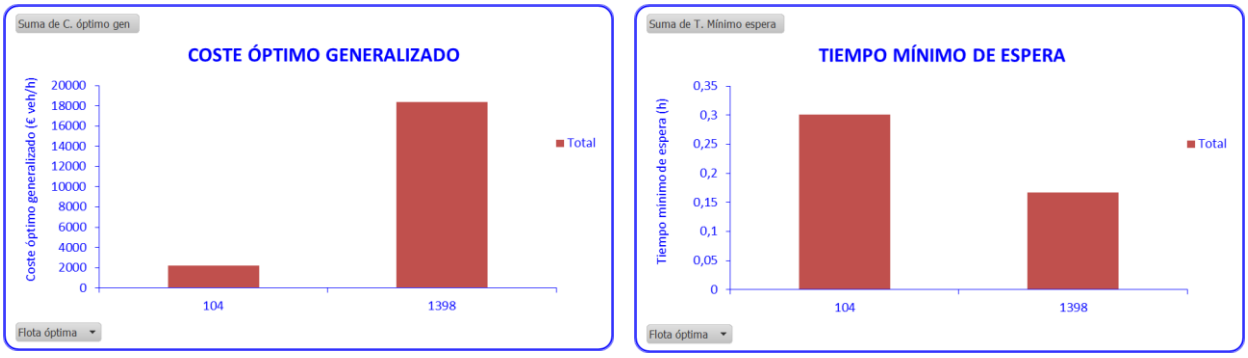
Fig. 4.11. *Coste del conductor vs Nº de taxis.*

En la ciudad de Barcelona el costes máximo de los profesionales de taxi es de 120000 euros para 1050 vehículos ofertados y el coste mínimo es de 41150 euros para 7205 vehículos.

4.3.5. Tamaño óptimo de flota, tiempo mínimo de espera y óptimo coste generalizado

La figura 4.12 (a) muestra que para una flota óptima de 104 vehículos que ofrecen el servicio de taxi a través de una radioemisora el coste óptimo del sistema es de 2000 euros aproximadamente y cuando se accede a una oferta optima de 1398 taxis en la calle el coste optimo del sistema es de 18371 euros.

De igual manera el tiempo mínimo que deben esperar los usuarios Barceloneses es de 18,03 minutos y 10 minutos cuando se tiene un número óptimo de taxis de 104 y 1398 respectivamente.



(a) (b)

Fig. 4.12. *Coste óptimo del sistema (a) y tiempo de espera mínimo para la flota óptima (b).*

4.3.6. Análisis del comportamiento de la oferta - demanda del sistema

La oferta que presenta la ciudad de Barcelona tiene un comportamiento poco apropiado con la demanda existente ocasionando una disminución a la rentabilidad del sector, escenario que refleja la actual situación económica en donde por la disminución de los ingresos de la población disminuye por ende la demanda del servicio de taxi, con lo cual las horas vacantes aumentan provocando a que los taxistas tengan que trabajar más horas para los mismo ingresos, lo que significa que hay un menor ingreso por hora.

La oferta de taxis es baja durante la jornada nocturna donde la demanda es considerablemente superior, con lo cual se genera importantes tiempos de espera por parte de los usuarios que quieren utilizar este modo de servicio.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

La oferta que presenta la ciudad de Barcelona, España tiene un comportamiento no apropiado con la demanda existente en el sector del taxi, causando una disminución a la rentabilidad, hecho que se refleja por la actual situación económica en donde por la disminución de los ingresos de la población baja la demanda del servicio, por lo cual aumentan las horas vacantes ocasionando que los taxistas tengan que trabajar más horas por los mismos ingresos, significando que hay un menor ingreso por hora.

El sector del taxi en la ciudad de Barcelona ha registrado unos ingresos anuales de 43634,11 euros y unos costes anuales 40081,92 euros por taxista, alcanzando el beneficio empresarial razonable cuyo nivel de referencia es de 3455,35 euros por lo tanto, se concluye que la actividad del taxista en dicha ciudad es rentable.

El tiempo de espera presenta su valor más alto en las horas de la noche, a eso de la cero y la una hora mostrando un comportamiento casi constante hasta las cinco horas; a partir de ese momento disminuye progresivamente llegando a su mínimo valor en las horas de la mañana. Por lo tanto se concluye que el tiempo de espera es menor en las horas del día que en las horas de la noche ya que a mayor número de taxis ofertado, menor es el tiempo que debe transcurrir para que el pasajero acceda a coger el servicio y/o viceversa.

El tiempo de espera refleja un comportamiento similar con el paso de las horas, si se contrata el viaje en la calle o a través de una radioemisora o utilizando una parada de taxis, pero el usuario tardará más por el servicio en un mercado de despacho que en un mercado de carreras ya que cuando el servicio es despachado tiene un tiempo de espera compuesto por el tiempo de viaje entre el usuario que ha pedido el servicio y el vehículo más cercano localizado por la radioemisora; que está en función de la densidad de taxis libres en la zona solicitada y el área de esa zona, a diferencia de cuando el servicio ha sido contratado en la calle donde el pasajero debe esperar hasta que el primer taxi libre llegue donde él, es decir, un periodo casi instantáneo.

Si se accede al servicio utilizando una parada de taxi, el usuario se experimenta además del tiempo de espera un tiempo de acceso el cual va depender de que tan lejos o tan cerca se encuentre la parada más próxima.

Se concluye que los costes del usuario reflejan una dependencia en función del número de vehículos ofertados ya que a mayor número de vehículos en servicio, menor es el tiempo de espera por parte de los usuarios, lo que significa una disminución en el valor monetario del tiempo y por lo tanto una reducción en el coste.

En cuanto a la forma de acceder al servicio, el coste del usuario es casi el mismo ya que si se contrata el servicio en la calle o por medio de una radioemisora o utilizando una parada de taxi la mínima variación entre una forma y otra, va a depender del tiempo que tarde el usuario en acceder al servicio.

En los costes del conductor, estos reflejan valores negativos, lo que significa que el conductor presenta beneficios por la actividad del ejercicio del taxi ya que a menor número de vehículos ofertados mayor será su productividad para un mismo nivel de demanda.

Se concluye además que los ciudadanos de la ciudad de Barcelona tendrán un coste optimo del sistema de 2000 euros para una flota óptima de 104 vehículos que ofrecen su servicio a través de una radioemisora y un coste óptimo del sistema de 18371 euros cuando se accede a una oferta de flota óptima de 1398 taxis en la calle, de igual manera el tiempo mínimo que deben esperar los usuarios Barceloneses es de 18,03 minutos y 10 minutos cuando se tiene un número óptimo de taxis de 104 y 1398 respectivamente.

Por todo lo anteriormente dicho sería ideal que en la ciudad Barcelona el número de vehículos ofertados se encuentre alrededor de la flota óptima ya que así se logrará minimizar los costes del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Amat, C. (2010) Anàlisi de l'eficiència del servei de taxi a Barcelona. Propostes de millora. Tesina final de carrera. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Beesley M. E. (1973) Regulation of taxis. *Economic Journal*, Volume 83 (329), 150 - 172.

Beesley M. E. y S. Glaister (1983) Information for regulating: the case of taxis. *Economic journal*, Volume 93 (371), 594 – 615.

Cairns R. D., C. Liston-Heyes (1996) Competition and regulation in the taxi industry*. Journal of Public Economics,* Volume 59, 1 – 15.

CENIT (2004) *Metodologia per a l'establiment de les tarifes del taxi a l'AMB i la seva revisió.*

CENIT (2010) *Observatori del Taxi.*

Corominas, A. y J. Bautista, (1985). Models de distribució del temps d'espera del taxi. Tesina final de carrera. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Cooper, J., R. Mundy y J. Nelson (2010) *Taxi! Urban Economies and the Social and Transport Impacts of the Taxicab.* Edit*.* Ashgate (185 páginas). ISBN: 978-0-7546-7628-7.

Daganzo C.F. (2010) Structure of competitive transit networks. *Transportation Research Part B* 44, 434-446.

De Vany A. S. (1975). Capacity utilization under alternative regulatory restraints: an analysis of taxi markets. *Journal of Political Economy*, Volume. 83, 83 – 94.

De Rus, Ginés, J. Campos, y G. Nombela (2003) *Economía del Transporte*. Edit. Antoni Bosch (447 páginas). ISBN: 84-95348-08-X.

Douglas G. (1972). Price Regulation and optimal service standards: The taxicab Industry, *Journal of Political Economy,* Volume 83, 83 – 94.

Generalitat de Catalunya (2003), Llei del Taxi, Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, número 3926 – 16/07/2003.

Salanova J.M., M. Estrada, G. Aifadopoulou y E. Mitsakis (2011) A review of the modeling of taxi services. *Procedia Social and Behavioral Sciences* 20 (2011) 150 -161.

Schaller B. (2007) Entry controls in taxi regulation: implications of US and Canadian experience for taxi regulation and deregulation. *Transport Policy* 14 (2007) 490 – 506.

Schroeter J. R (1983) A model of taxi service under fare structure and fleet size regulation. *Bell Journal of Economics*, Volume 14, 81 – 96.

Wong S. C. and H. Yang (1998) Network Model of Urban Taxi Services. *Transportation Research* Record 1623, 27 – 30.

Yang H. and S. C. Wong (1998). A network model of urban taxi services. *Transport Research B*, Volume 32, 235 – 246.

Yang H., S. C. Wong and K. I. Wong (2002) Demand-supply equilibrium of taxi services in a network under competition and regulation. *Transport Research B*, Volume. 36, 799 – 819.

Yang h., M.Ye , W. H. Tang and S. C. Wong (2005). Regulating taxi services in the presence of congestion externality. *Transport Research A*, Volume. 39, 17 – 40.

Yang H., C. S. Fung, K. I. Wong and S. C. Wong (2010a) Nonlinear pricing of taxi services. *Transport Research A*, Volume. 44, 337 – 348.

Yang H., W. Y. L. Cowina., S. C. Wong and G. H. Michael Bell (2010b). Equilibrium of bilateral taxi-customer searching and meeting on networks. *Transport Research B*, Volume. 44, 1067 – 1083.

Zamora, D. (1996) Modelització dels costos unitaris d'una flota de taxis. Tesina final de carrera. Universidad Politécnica de Cataluña, España.

Banco Central Europeo (BCE), www.ecb.int.

Banco de España, www.bde.es

Institut Metropolità del Taxi (IMET), www.taxibarcelona.cat

Reglament Metropolitan del Taxi (2011).

ANEXOS

ANEXO 1

FUNCIONAMIENTO DE SAST

El Sistema de Análisis del Servicio del Taxi SAST es un Excel que se ejecuta empleando hojas de cálculo el cual facilita y agiliza el análisis del servicio de taxi en una ciudad. Se describe a continuación su funcionamiento.

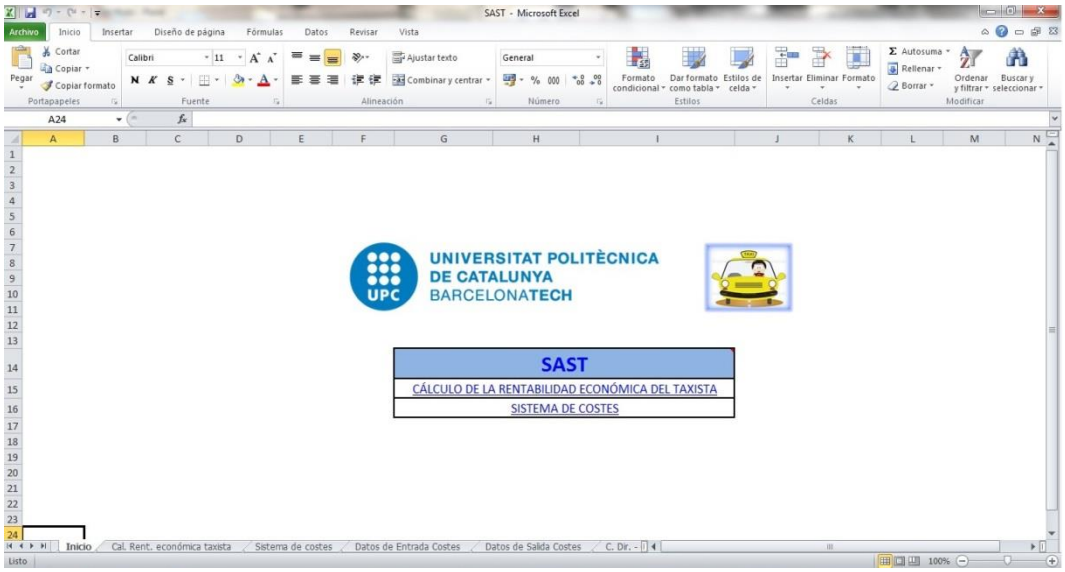


Fig. A1.1. *Pantalla inicial de SAST.*

El SAST se compone de dos fases, las cuales constituyen una secuencia ordenada de pasos a seguir, con el propósito de evaluar y analizar la rentabilidad económica del taxista y el tamaño óptimo de la flota, con el fin de mejorar el coste generalizado del sistema y minimizar el tiempo de espera. Las fases del SAST son las siguientes:

- ✓ Fase I: Rentabilidad económica del taxista
- ✓ Fase II: Sistema de costes.

A1.1. Rentabilidad económica del taxista

Esta fase busca evaluar la rentabilidad económica del taxista, compuesta por tres etapas: la primera; llamada datos de entrada, la segunda; que contiene todos los cálculos de costes (directos e indirectos), de beneficio razonable y de rentabilidad económica, y la tercera; de datos de salida como se puede ver en la figura A1.2.

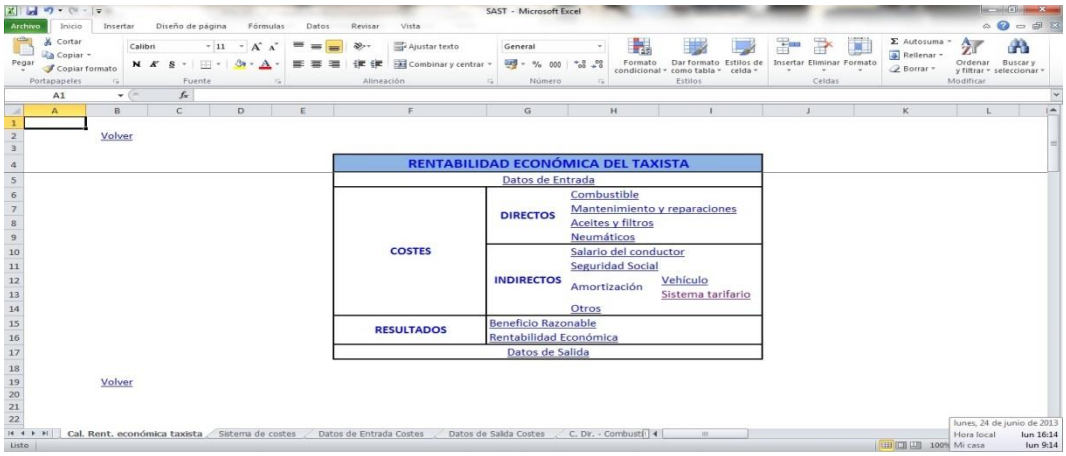


Fig. A1.2. *Menú de tareas en el cálculo de la rentabilidad del taxista.*

A1.1.1. Datos de entrada

Como su nombre lo indica, es la sección donde se insertan los datos necesarios para darle inicio al cálculo de la rentabilidad económica del taxista (celdas de color morado), como: kilometraje anual, jornada laboral, precio promedio, número de carreras, entre otros, como se muestra en la figura A1.3.

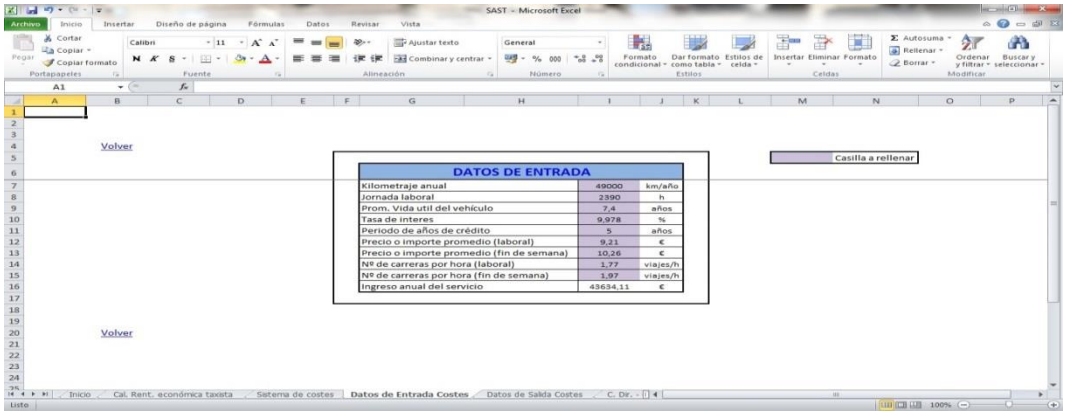


Fig. A1.3. *Pantalla datos de entrada – rentabilidad económica.*

A1.1.2. Coste directo – Combustible

El coste del combustible depende del kilometraje, del consumo medio del vehículo y del precio unitario que tenga éste, con lo cual se escogen y se insertan los cinco modelos más representativos del parque de vehículos con su respectivo consumo medio y de igual manera se introduce el precio medio del combustible para luego obtener el coste total, como se puede observar en la figura A1.4.

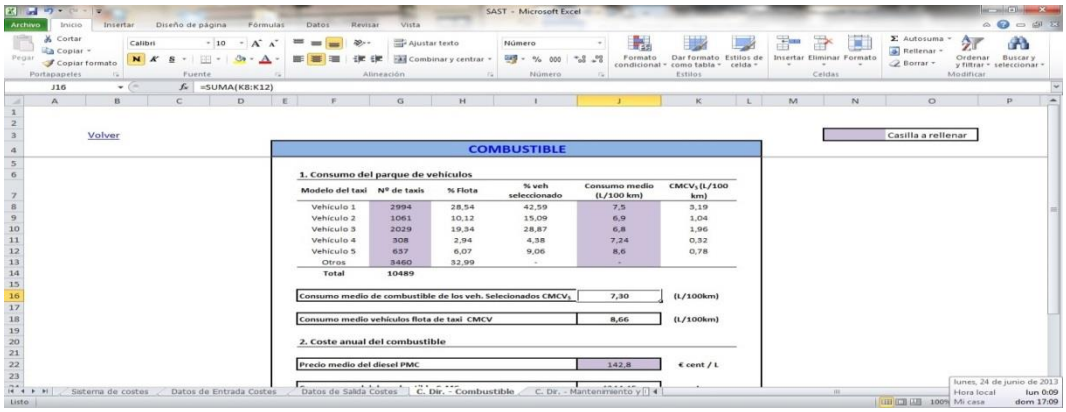


Fig. A1.4. *Coste directo – combustible.*

A1.1.3. Coste directo – Mantenimiento y reparaciones

El coste de mantenimiento y reparaciones es la revisión periódica del vehículo con el objetivo de consérvalo en óptimas condiciones. Por lo tanto, se escogen tres de los cinco modelos seleccionados del cálculo de combustible (celdas azul claro). Una vez seleccionado los tres modelos se ingresa el precio unitario y la mano de obra de cada una de las posibles operaciones de mantenimiento para cada vehículo seleccionado (celdas moradas) junto con la prima de riesgo. Ver figura A1.5.

Luego a criterio del usuario se decide que operaciones se le efectúan a cada vehículo, ya sea en reparar o no, es decir, escoger entre el coste total ponderado de cada operación o no aplica (N/A). Ver figura A1.6.

Finalmente, se ingresa el coste del lavado de carrocería, el coste de limpieza integral, el coste de higienización y desinfección y el coste de las averías (taxímetro, impresora y modulo) para obtener el coste total de mantenimiento y reparaciones.

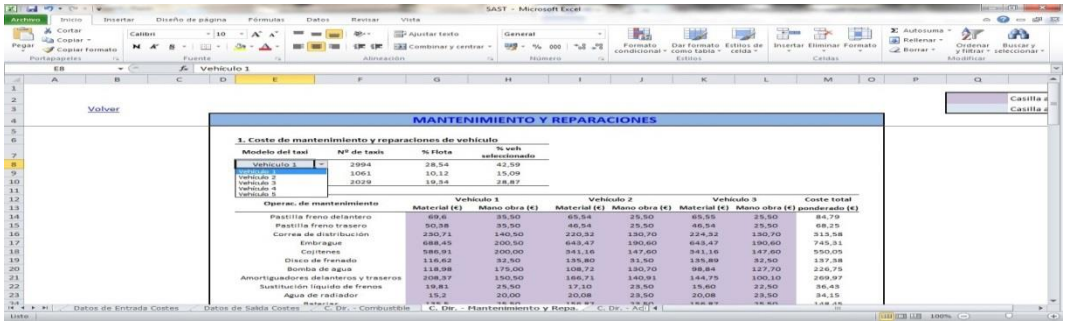


Fig. A1.5. *Coste directo – mantenimiento y reparaciones (a).*

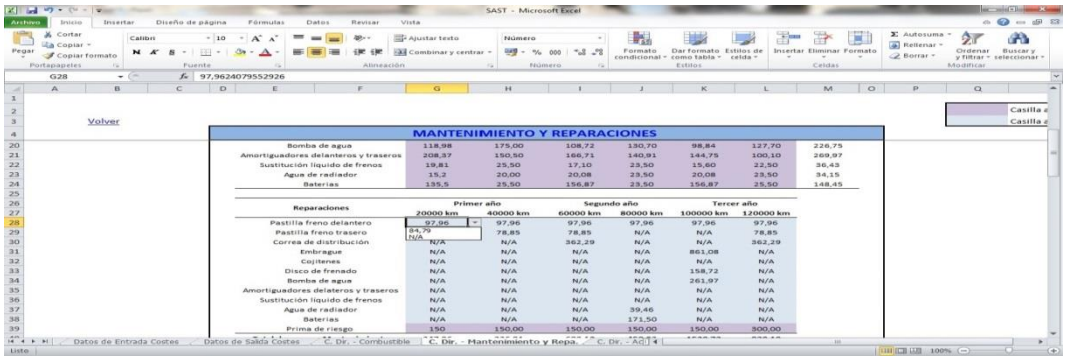


Fig. A1.6. *Coste directo – mantenimiento y reparaciones (b).*

A1.1.4. Coste directo – Aceites y filtros

Al igual que el coste de mantenimiento, éste se asocia al kilometraje recorrido y dependen del vehículo seleccionado. Finalmente para obtener el coste de aceites y filtros se seleccionan tres de los cinco vehículos escogidos del coste de mantenimiento (celdas azul claro) ingresando el precio unitario y mano de obra de los recambios (celda morada) estipulados para cada modelo seleccionado. Ver figura A1.7.

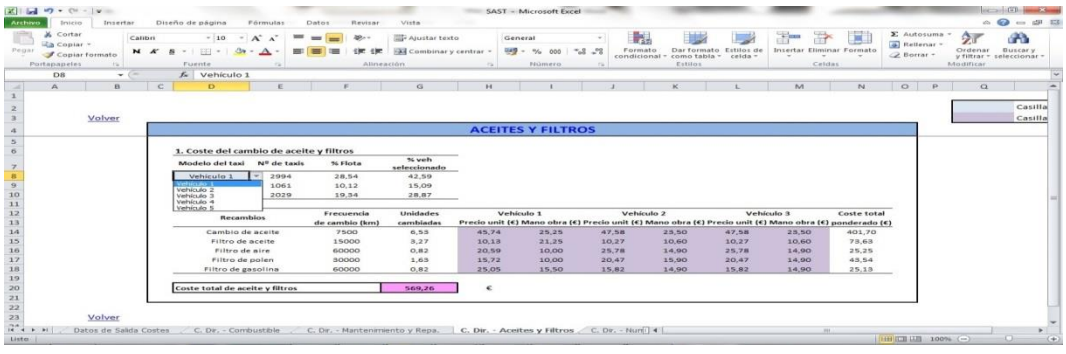


Fig. A1.7. *Coste directo – aceites y filtros.*

A1.1.5. Coste directo – Neumáticos

Este coste está relacionado con el kilometraje recorrido y el tipo de neumático utilizado. Por lo tanto solo se debe ingresar el precio unitario de los tipos de neumáticos más populares y utilizados por la flota de vehículos (celdas moradas) para obtener el coste total. Ver figura A.1.8.

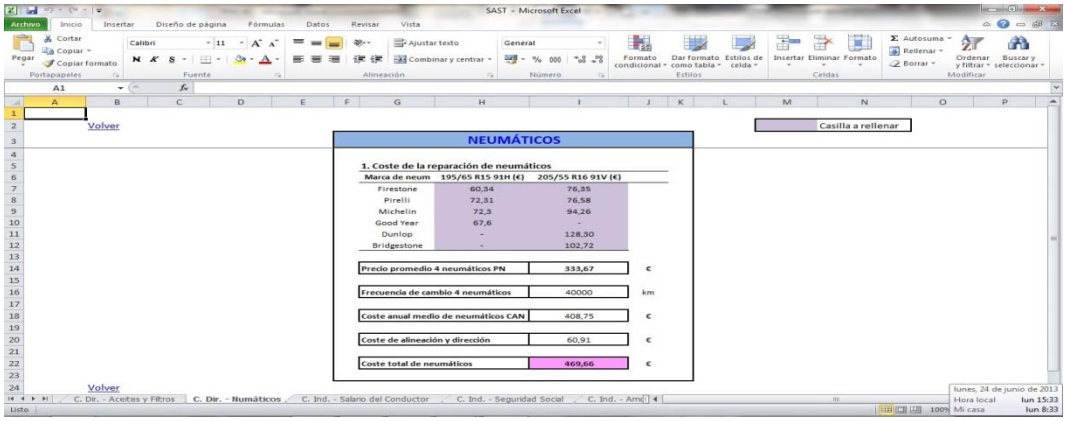


Fig. A1.8. *Coste directo - neumáticos*

A1.1.6. Coste indirecto – Salario del conductor

Es el principal coste indirecto asociado a la actividad del taxista, se ingresan datos como: IVA, pagos extraordinarios PE, plus festivo PF, seguridad social y el IRPF para obtener el salario del conductor (celdas moradas). Ver figura A1.9.

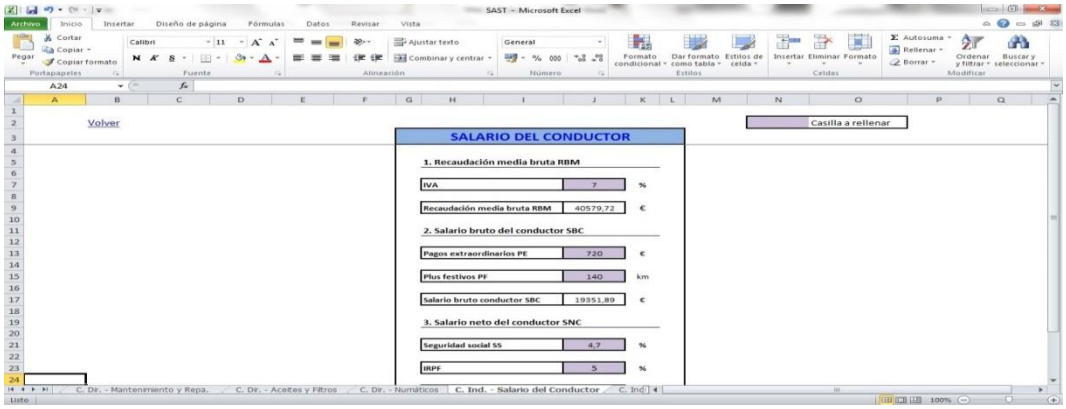


Fig. A1.9. *Coste indirecto - Salario del conductor.*

A1.1.7. Coste indirecto – seguridad social

Es el coste que debe pagar todo profesional del sector. Se ingresa el tipo de cotización del taxista, obteniéndose dicho coste (celda morada). Ver figura A1.10.

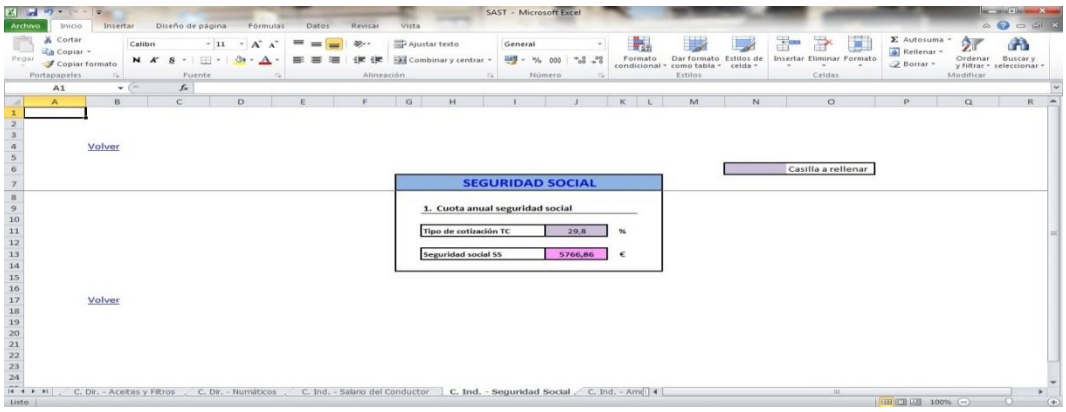


Fig. A1.10. *Coste indirecto – Seguridad social.*

A1.1.8. Coste indirecto – Amortización del vehículo

Es el coste del vehículo por el ejercicio de la actividad del taxi, se debe conocer y escoger los vehículos más representativos de la flota de taxis. Ver figura A1.11.

Fig. A1.11. *Coste indirecto – amortización del vehículo.*

A1.1.9. Coste indirecto – Amortización del sistema tarifario

Es el coste perteneciente al sistema tarifario (taxímetro, impresora y módulo) que se instala al vehículo. Se identifican los tipos de taxímetros que utiliza la flota

ingresando la representación que tiene cada uno dentro de ella, de igual manera con los tipos de impresora.

Se introduce el precio del módulo y del equipo de seguridad, todo esto con el fin de calcular el término amortizable para finalmente obtener el coste de amortización del sistema tarifario. Ver figura A1.12.

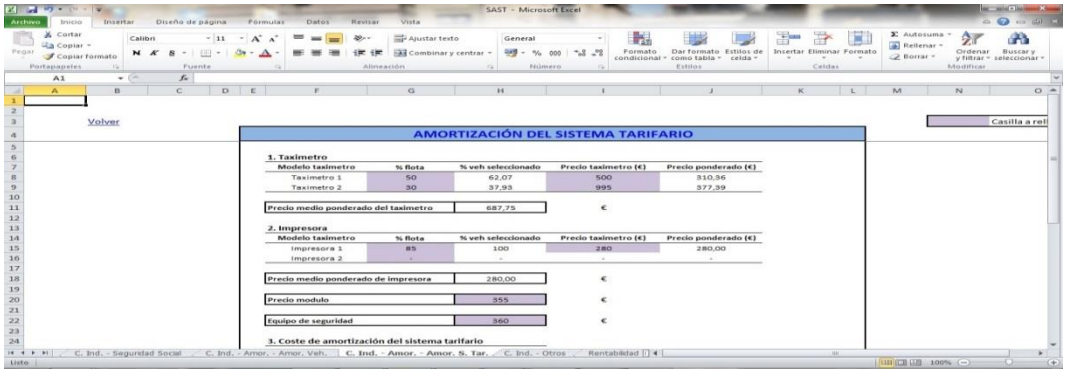


Fig. A1.12. *Coste indirecto – amortización del sistema tarifario.*

A1.1.10. Otros costes indirectos

Son costes que no tendrán un proceso de cálculo sino que se debe introducir el valor (celdas moradas). Ver figura A1.13.

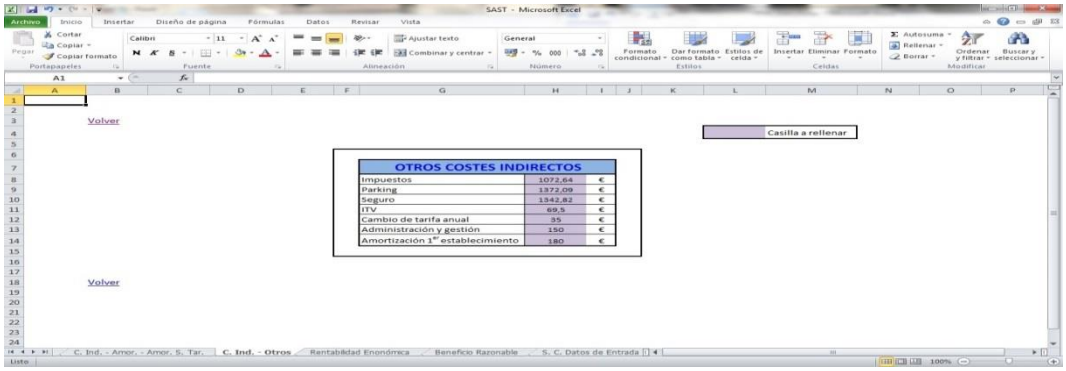


Fig. A1.13. *Otros costes indirectos.*

A1.1.11. Beneficio razonable

El beneficio razonable se establece para la determinación de la tarifas anuales de los taxis así como también como umbral de referencia para analizar la situación económica del taxista. Se obtiene como un porcentaje de la rentabilidad económica neta sobre los activos razón por la cual se ingresa datos

como: ROAN, RON, impuestos sobre el beneficio y el precio medio de la licencia (celdas moradas). Ver figura A1.14.

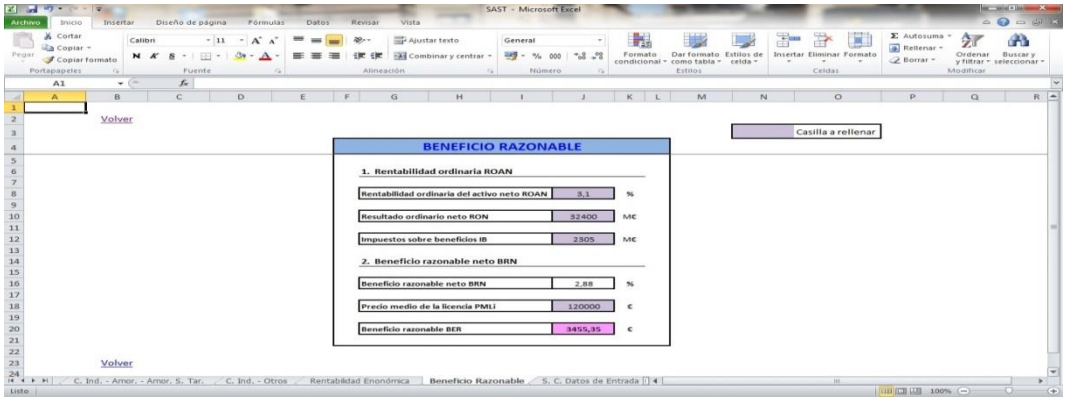


Fig. A1.14. *Beneficio razonable.*

A1.1.12. Datos de salida

Es la tercera y última parte de la fase I, donde se muestra de manera resumida todos los resultados obtenidos en el proceso de cálculo de la rentabilidad del taxista. Ver figura A1.15.

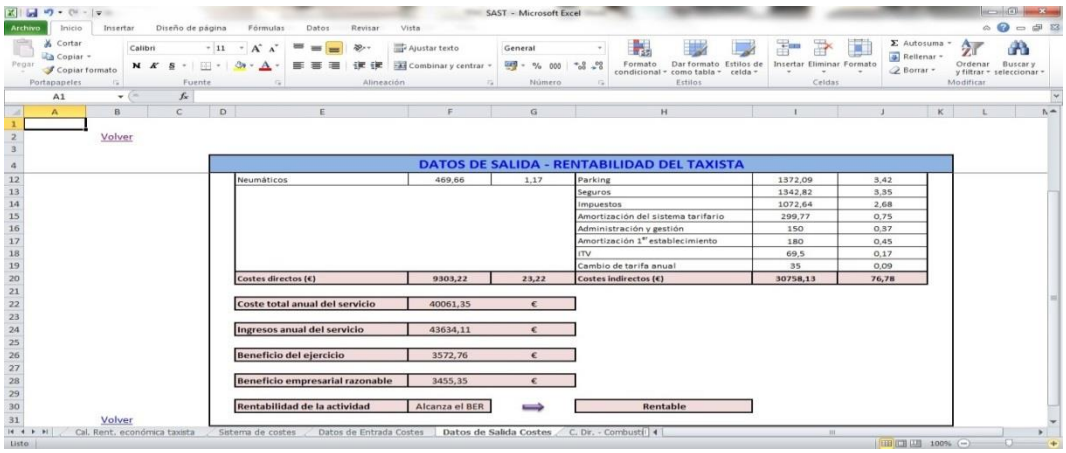


Fig. A1.15. *Datos de salida – Rentabilidad del taxista.*

A1.2. Sistema de costes

Fase que busca calcular el tamaño óptimo de la flota con el fin de mejorar el coste generalizado del sistema y minimizar el tiempo de espera. Está constituida por tres etapas, la primera; llamada datos de entrada, la segunda; que refleja los

datos de salida y la tercera correspondiente a las gráficas de resultados. Ver figura A1.15.

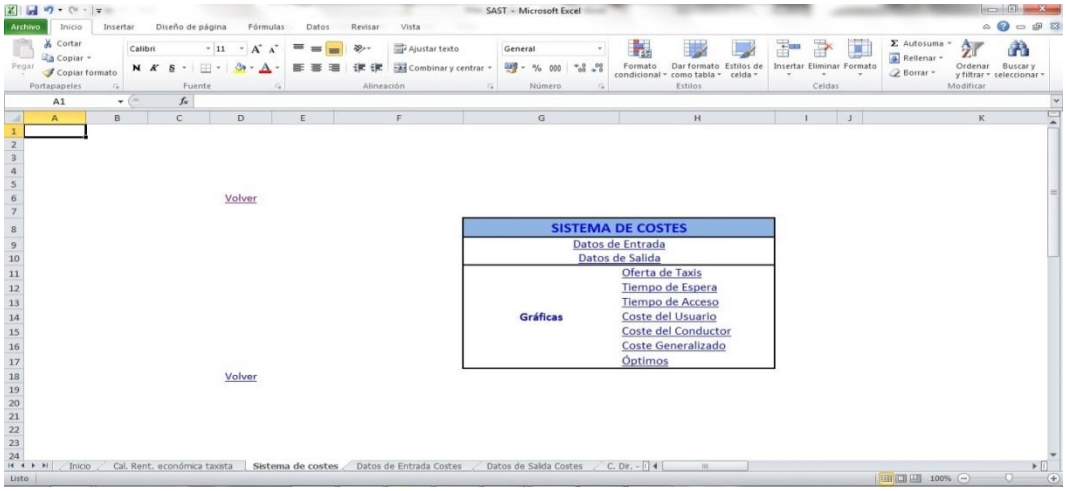


Fig. A1.16. *Sistema de costes.*

A1.2.1. Datos de entrada – Sistema de costes

Como su nombre lo indica es la sección donde se introduce la información necesaria al SAST para dar inicio a los cálculos como tiempo de viaje, tiempo de espera, tiempo de acceso, entre otros. Cabe destacar que las celdas moradas son las estipuladas para ingresar información y las celdas azul claro para seleccionar información como por ejemplo el día a analizar. Una vez seleccionado el día, se debe indicar si es laboral o fin de semana, es decir, de lunes a viernes es laboral, por lo tanto se escoge 1 y de sábado a domingo, es fin de semana entonces, se debe seleccionar 2. Ver figura A1.17.

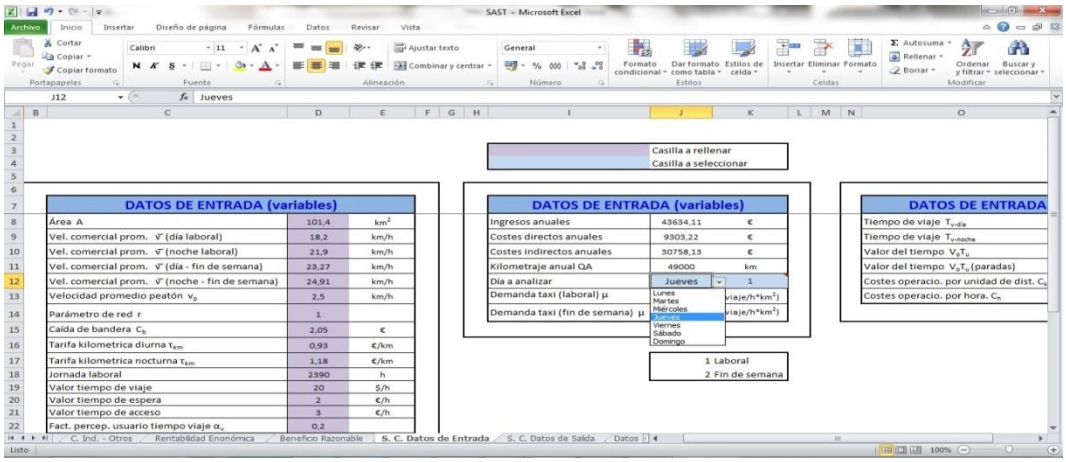
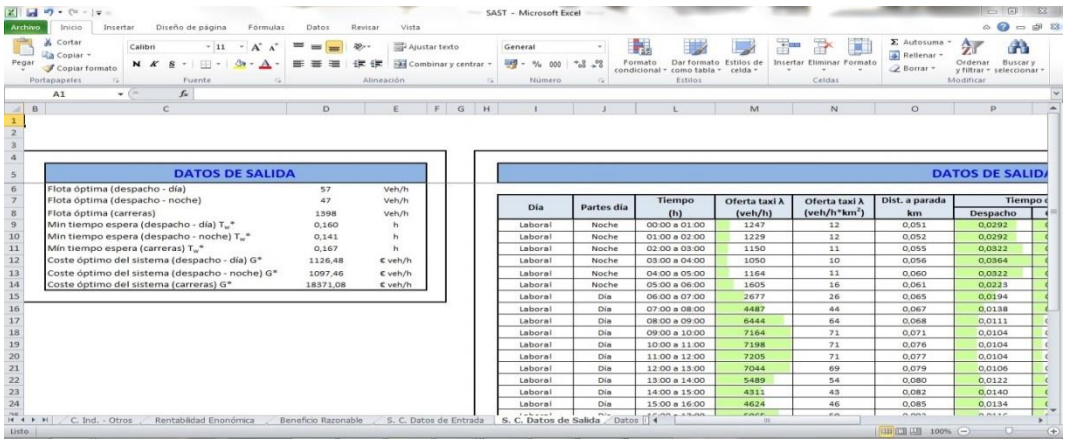


Fig. A1.17. *Datos de entrada – sistema de costes.*

A1.2.2. Datos de salida – Sistema de costes

Es la parte que refleja todos los resultados obtenidos en la fase de sistema de costes. Ver figura A1.18.



DATOS DE SALIDA		
Flota óptima (despacho - día)	57	Veh/h
Flota óptima (despacho - noche)	47	Veh/h
Flota óptima (carreras)	1398	Veh/h
Mín tiempo espera (despacho - día) T_w*	0,160	h
Mín tiempo espera (despacho - noche) T_w*	0,141	h
Mín tiempo espera (carreras) T_w*	0,167	h
Coste óptimo del sistema (despacho - día) G*	1126,48	€ veh/h
Coste óptimo del sistema (despacho - noche) G*	1097,46	€ veh/h
Coste óptimo del sistema (carreras) G*	18371,08	€ veh/h

DATOS DE SALIDA

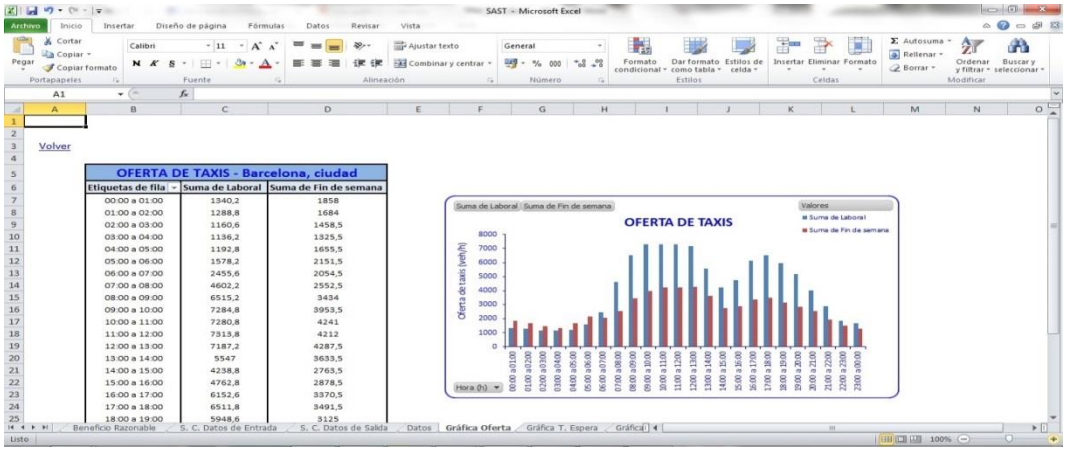
Día	Partes día	Tiempo (h)	Oferta taxi λ (veh/h)	Oferta taxi λ (veh/h*km²)	Dist. a parada km	Tiempo Despacho
Laboral	Noche	00:00 a 01:00	1247	12	0,051	0,0292
Laboral	Noche	01:00 a 02:00	1229	12	0,052	0,0292
Laboral	Noche	02:00 a 03:00	1150	11	0,055	0,0322
Laboral	Noche	03:00 a 04:00	1050	10	0,056	0,0364
Laboral	Noche	04:00 a 05:00	1164	11	0,060	0,0322
Laboral	Noche	05:00 a 06:00	1605	16	0,061	0,0223
Laboral	Día	06:00 a 07:00	2677	26	0,065	0,0194
Laboral	Día	07:00 a 08:00	4487	44	0,067	0,0138
Laboral	Día	08:00 a 09:00	6444	64	0,068	0,0111
Laboral	Día	09:00 a 10:00	7164	71	0,071	0,0104
Laboral	Día	10:00 a 11:00	7198	71	0,076	0,0104
Laboral	Día	11:00 a 12:00	7205	71	0,077	0,0104
Laboral	Día	12:00 a 13:00	7044	69	0,079	0,0106
Laboral	Día	13:00 a 14:00	5489	54	0,080	0,0122
Laboral	Día	14:00 a 15:00	4311	43	0,082	0,0140
Laboral	Día	15:00 a 16:00	4624	46	0,085	0,0134

Fig. A1.18. *Datos de salida – sistema de coste.*

A1.2.3. Graficas – Sistema de costes

Conjunto de graficas realizadas con los resultados obtenidos del sistema de coste, como: oferta, tiempo de espera, tiempo de acceso, coste de usuario, coste del conductor, coste generalizados y óptimos (flota, coste generalizado, tiempo de espera mínimo).

Estas graficas tienen la particularidad de que son dinámicas lo que permite ver comparaciones y tendencia de datos de una forma sencilla, además de ser visualmente atractivas.



Etiquetas de fila	Suma de Laboral	Suma de Fin de semana
00:00 a 01:00	1340,2	1858
01:00 a 02:00	1288,8	1684
02:00 a 03:00	1160,6	1458,5
03:00 a 04:00	1136,2	1325,5
04:00 a 05:00	1192,8	1655,5
05:00 a 06:00	1578,2	2151,5
06:00 a 07:00	2455,6	2054,5
07:00 a 08:00	4602,2	2552,5
08:00 a 09:00	6515,2	3434
09:00 a 10:00	7284,8	3953,5
10:00 a 11:00	7280,8	4241
11:00 a 12:00	7313,8	4212
12:00 a 13:00	7187,2	4287,5
13:00 a 14:00	5547	3633,5
14:00 a 15:00	4238,8	2763,5
15:00 a 16:00	4762,8	2878,5
16:00 a 17:00	6152,6	3370,5
17:00 a 18:00	6511,8	3491,5
18:00 a 19:00	5948,6	3125

Fig. A1.19. *Graficas – sistema de costes.*