

Proyecto Fin de Máster
Máster en Organización Industrial y Gestión de
Empresas

Clasificación de zonas urbanas según la dificultad
del reparto de mercancías

Autor: Manuel Ruiz Góngora

Tutor: Jesús Muñuzuri Sanz

**Dep. Organización Industrial y Gestión de
Empresas II**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2017



Proyecto Fin de Máster
Máster en Organización Industrial y Gestión de Empresas

Clasificación de zonas urbanas según la dificultad del reparto de mercancías

Autor:
Manuel Ruiz Góngora

Tutor:
Jesús Muñuzuri Sanz
Profesor catedrático

Dep. Organización Industrial y Gestión de Empresas II
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2017

Proyecto Fin de Máster: Clasificación de zonas urbanas según la dificultad del reparto de mercancías

Autor: Manuel Ruiz Góngora

Tutor: Jesús Muñuzuri Sanz

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2017

El Secretario del Tribunal

Agradecimientos

Antes de comenzar con el desarrollo del presente TFM, me gustaría mostrar mi agradecimiento al profesor Jesús Muñuzuri Sanz, por su atención y ayuda a lo largo del proceso que ha culminado con la finalización de esta memoria.

Manuel Ruiz Góngora

Sevilla, 2017

Resumen

El constante crecimiento de las actividades logísticas en las grandes áreas urbanas se encuentra con limitaciones de todo tipo: barreras físicas (estado de las vías, escasez de estacionamientos, ubicación de los centros logísticos en el extrarradio), temporales (prohibición de estacionamiento en ciertos períodos del año, congestión en determinadas horas del día), legislativas (limitación de emisiones, impuestos por actividad), etc.

Este hecho se ve acentuado en ciudades que cuentan con varios siglos de existencia. La ciudad de Sevilla, con un casco histórico de tamaño importante, presenta un caso de dificultad añadida debido a la estrechez de muchas de sus vías céntricas, así como la existencia de otras muchas peatonales que hacen de los repartos de mercancías una ardua tarea, sobre todo en estas áreas históricas.

El objetivo de este documento es realizar una clasificación aproximada de la dificultad de reparto en las diferentes zonas en las que se divide la ciudad, atendiendo a diferentes criterios logísticos. La diferente combinación de estos atributos permitirá valorar diferentes criterios a la hora de clasificarlas, según la prioridad de los mismos que se quiera establecer.

Como objetivo principal del estudio, esta clasificación de zonas podría ayudar a identificar potenciales mejoras en las zonas más afectadas por las dificultades para el reparto, buscando la rentabilidad económica de los transportistas y tratando de interferir lo menos posible en la vida de la ciudad.

Abstract

The continuous growth of logistic activities in big cities has to deal with limitations of all kind: physical barriers (condition of the streets, lack of parkings, ubication of logistic centres in outskirts), temporary (parking forbiddance in certain periods of the year, congestion in certain hours of the day), legislatives (emission limitations, activity taxes), etc.

This fact is accentuated in cities with some centuries of existence. The city of Seville, with a large historic hull, presents a case with added difficulty due to the narrowness of many central roads, as well as the existence of many pedestrian that makes good deliveries an arduous task, mainly in these historical areas.

The objective of this document is to make an approximate classification of the delivery difficulty in the different zones that compound the city, according to different logistic criteria. The different combination of these attributes allows assessing different criteria while ranking them, in accordance with the desired priority.

As main objective of the study, this identification could help to identify potential improvements in the most affected zones, searching the economic profitability of transporters and trying to make the less interference possible in the city life.

Índice

Agradecimientos	7
Resumen	9
Abstract	11
Índice	12
Índice de Tablas	14
Índice de Figuras	15
1 Introducción y objeto del trabajo	17
2 Estado del arte	19
3 La ciudad como red compleja	21
3.1 <i>Nodos</i>	21
3.2 <i>Arcos</i>	23
3.3 <i>Zonas</i>	24
4 Diseño de la base de datos	27
5 Análisis de experimentos	32
5.1 <i>Metodologías de valoración</i>	34
5.2 <i>Clasificación según criterios individuales</i>	35
5.2.1 Dificultad de reparto por cercanía al centro urbano	39
5.2.2 Dificultad de reparto por tamaño de población	41
5.2.3 Dificultad de reparto por volumen de repartos diarios de mercancías	42
5.2.4 Dificultad de reparto por porcentaje de calles peatonales	44
5.2.5 Dificultad de reparto por porcentaje de calles unidireccionales de un solo carril	45
5.2.6 Dificultad de reparto por porcentaje de calles de un carril por sentido	47
5.2.7 Dificultad de reparto por existencia de transporte público	48
5.2.8 Dificultad de reparto por volumen de tráfico diario	50
5.3 <i>Ránking según clasificaciones ponderadas</i>	52
5.3.1 Clasificación global	52
5.3.2 Clasificación según criterio de experto	55
5.3.3 Clasificación según criterio de autor	58
5.4 <i>Ránking según valores ponderados</i>	61
5.4.1 Clasificación global	62
5.4.2 Clasificación según criterio de experto	64
5.4.3 Clasificación según criterio de autor	66
6 Análisis de resultados	69
7 Conclusiones	83

Referencias
Glosario

85
87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1–1. Comparación del área metropolitana de Sevilla con su casco histórico [Muñuzuri, 2003].	18
Tabla 3–1. Barrios con su C.P.	25
Tabla 4–1. Información de la base de datos.	28
Tabla 5–1. Clasificación de zonas por criterios individuales.	36
Tabla 5–2. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor cercanía al centro urbano.	40
Tabla 5–3. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor población.	42
Tabla 5–4. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor volumen diario de repartos.	43
Tabla 5–5. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor % de calles peatonales.	45
Tabla 5–6. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor % de calles de un carril en un solo sentido.	46
Tabla 5–7. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor % de calles de un carril por sentido.	48
Tabla 5–8. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor % de calles con transporte público.	49
Tabla 5–9. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor flujo de vehículos a lo largo del día.	51
Tabla 5–10. Secuencia de generación de pesos.	52
Tabla 5–11. Clasificación global de zonas para clasificaciones ponderadas.	53
Tabla 5–12. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor dificultad de reparto global con clasificaciones ponderadas.	55
Tabla 5–13. Ponderación según experto.	56
Tabla 5–14. Clasificación de zonas según criterio de experto para clasificaciones ponderadas.	56
Tabla 5–15. Ponderación según autor.	59
Tabla 5–16. Clasificación de zonas según criterio de autor para clasificaciones ponderadas.	59
Tabla 5–17. Clasificación global de zonas para valores ponderados.	62
Tabla 5–18. Clasificación de zonas según criterio de experto para valores ponderados.	64
Tabla 5–19. Clasificación de zonas según criterio de autor para clasificaciones ponderadas.	66
Tabla 6–1. Comparativa de clasificación de zonas según diferentes criterios.	69
Tabla 6–2. Máximos según criterio clasificatorio.	75
Tabla 6–3. Mínimos según criterio clasificatorio.	76
Tabla 6–4. Diferencia máxima de clasificación para una misma zona.	77
Tabla 6–5. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor diferencia de clasificación.	79
Tabla 6–6. Clasificación media de las zonas.	80
Tabla 6–7. Desglose de zonas 90 (Club Pineda) y 119 (Acuartelamiento Torreblanca).	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3-1. Mapa urbano de Sevilla y su corona metropolitana.	21
Figura 3-2. Ejemplo de discretización del callejero como red compleja.	22
Figura 3-3. Mapa de nodos clasificados según su zona asignada.	22
Figura 3-4. Ejemplo de representación de arcos salientes de un nodo.	24
Figura 3-5. Mapa de Sevilla dividido por códigos postales.	26
Figura 4-1. Listados de arcos.	27
Figura 4-2. Listados de nodos.	27
Figura 4-3. Listados de modos de conexión.	28
Figura 4-4. Cálculo de distancia nodo-centroide de zona.	29
Figura 4-5. Base de datos de arcos.	30
Figura 5-1. Zonas más (rojo) y menos (verde) próximas al centro urbano.	40
Figura 5-2. Zonas con más (rojo) y menos (verde) población.	41
Figura 5-3. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) volumen diario de repartos.	43
Figura 5-4. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) % de calles peatonales.	44
Figura 5-5. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) % de calles de un carril en un solo sentido.	46
Figura 5-6. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) % de calles de un carril por sentido.	47
Figura 5-7. Dificultad de reparto por % de calles de calles con transporte público.	49
Figura 5-8: Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) volumen diario de vehículos.	50
Figura 5-9. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad global de reparto con clasificaciones ponderadas.	54
Figura 5-10. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad de reparto según ponderación de experto con clasificaciones ponderadas.	58
Figura 5-11. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad de reparto según ponderación de autor con clasificaciones ponderadas.	60
Figura 5-12. Zonas con mayor/menor dificultad de reparto global con valores ponderados.	63
Figura 5-13. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad de reparto según ponderación de experto con valores ponderados.	65
Figura 5-14. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad de reparto según ponderación de autor con valores ponderados.	67
Figura 6-1. Zonas “conflictivas”, 49-73 (excepto 51 y 53).	73
Figura 6-2. Zonas “poco conflictivas”, 32-39, 95-125 (excepto 97, 115, 118 y 124).	74
Figura 6-3. Zonas más más (rojo) y menos (verde) incremento de clasificación.	78

Figura 6-4. Zonas de más críticas (rojo) a menos (verde) críticas con clasificación media. 81

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO DEL TRABAJO

El aumento exponencial del tráfico de mercancías a nivel mundial por tierra, mar y aire durante las últimas décadas ha elevado a fundamental la importancia de la logística. Ésta se define en la RAE como el “conjunto de medios y métodos necesarios para llevar a cabo la organización de una empresa o de un servicio, especialmente de distribución”. Por tanto, es obvio que esta actividad contempla múltiples aspectos. Entre otros, engloba desde el establecimiento de bases que sirvan como foco principal de almacenamiento y/o inicio del reparto, hasta la asignación de rutas de entregas que optimicen los costes propios de la actividad comercial.

La realidad es que las tareas logísticas varían mucho según su ámbito de aplicación: local, regional, nacional, etc. Focalizando en la logística urbana, y más concretamente en la logística urbana de mercancías, definida como “el proceso para optimizar totalmente las actividades logísticas y de transporte de compañías privadas en áreas urbanas, a la vez que se tienen en consideración el medio ambiente, la congestión del tráfico y el consumo de energía dentro del marco de una economía de mercado” [Taniguchi, 1999], se ve claramente que ésta se encuentra con muchas dificultades para adaptarse a entornos urbanos de grandes ciudades. Entre los factores que dificultan esta adaptación están la congestión de las vías debido al gran flujo de vehículos (tanto particulares como de mercancías) y personas, la existencia de vías peatonales en zonas céntricas, o la escasa existencia de estacionamientos en ciertas zonas de la ciudad, entre otros. Los mencionados factores se hacen más notorios en las ciudades europeas con siglos de existencia, lo que se suele traducir en un casco urbano con trazado irregular y poco adaptado a la circulación/estacionamiento de vehículos. Como factores negativos de esta área de la actividad comercial, destacan la contaminación que generan los vehículos de reparto y la colaboración activa en la congestión de las grandes ciudades [G. Sanz, R. Pastor, E. Benedito, 2013]. Estos hechos han provocado el desarrollo de nuevas soluciones de reparto, como el estudio del uso de RPAS (*Remotely Piloted Aircraft System*), con una popularidad creciente en nuestros días. Por todo ello surge la necesidad de analizar las diferentes áreas de reparto en las que puede dividirse la ciudad, primer paso para desarrollar un estudio logístico que permita hacer más eficiente la red logística urbana.

En el contexto económico actual resulta indispensable un buen análisis de todas las variables que afectan al reparto, de forma que éstas puedan ayudar a establecer soluciones logísticas aceptables en coste, tiempo y calidad para las empresas, factores fundamentales para competir frente al resto de compañías del sector.

El caso de aplicación que se desarrolla en este documento corresponde a la ciudad de Sevilla que, con una población cercana al millón de habitantes si se considera su corona metropolitana, es una de las ciudades más importantes de España y motor económico del sur de la Península. Se trata de un ejemplo inmejorable de ciudad histórica con un casco antiguo de tamaño significativo, lo que dificulta mucho las tareas de reparto debido entre otros motivos a la estrechez de gran número de sus calles y a la tendencia a la peatonalización de entornos céntricos durante los últimos años. A pesar del desarrollo paulatino de circunvalaciones externas al área urbana, la escasez de accesos a la ciudad dificulta mucho el tráfico en hora punta (primera hora de la mañana, mediodía, primeras horas de la tarde). Un ejemplo significativo desde hecho es el acceso del Puente del V Centenario, conexión más inmediata desde la ciudad a las localidades del Aljarafe, que presenta numerosas retenciones a lo largo del año debido al gran número de habitantes del extrarradio que acceden a la ciudad desde esa zona a primera hora del día.

Tabla 1–1. Comparación del área metropolitana de Sevilla con su casco histórico [Muñuzuri, 2003].

	Área metropolitana	Casco histórico
Población	1.000.000	56.000
Superficie (Km²)	700	1,5
Número de desplazamientos/día	2.100.000	875.000
A pie	925.000	525.000
En vehículo privado	800.000	160.000
En bus	375.000	190.000
Número de vehículos		
Privados	650.000	130.000
Buses	3.600	2.000
Transportes de mercancías	68.000	8.000

Un análisis rápido del plano de la ciudad permite establecer una división de la misma en varias zonas, de forma que sea posible clasificarlas atendiendo a una serie de criterios. El objetivo de este estudio es, por tanto, partiendo de la mencionada división del área urbana, elaborar un ránking de zonas de la ciudad que refleje la mayor o menor dificultad para realizar repartos de mercancías en la mismas.

A lo largo del documento se establecerán varios sistemas de evaluación de dichas áreas, variando la relevancia de cada uno de los atributos que las caracterizan mediante un sistema de asignación de pesos. En concreto se mostrarán dos variantes para medir este mencionado grado de dificultad de reparto: por una parte se ponderarán unas clasificaciones previas, y por otra el valor propio de las variables normalizadas en forma de porcentaje (del valor máximo de la variable) entre 0 y 100. El funcionamiento detallado de cada modelo queda descrito en su apartado correspondiente de la memoria. De este modo se llegará a diferentes conclusiones sobre qué zonas presentan mayor problemática para el reparto y la circulación de mercancías.

Para alcanzar estas conclusiones se partirá de una serie de datos logísticos de la ciudad, obtenidos mediante software especializado, que recopilados y tratados posteriormente en una base de datos en MS Excel®, permitirán definir los criterios que servirán para establecer la clasificación de zonas. La información de partida se ha obtenido en una frontera temporal suficientemente amplia como para considerar promedios fiables de todas las variables proporcionadas.

La presente memoria se iniciará con una amplia revisión de la literatura científica especializada en el ámbito de la distribución urbana de mercancías (DUM) y el clustering de redes, muy presente en este texto. Le seguirá una explicación pormenorizada de la formulación de la base de datos en MS Excel, para seguir con las expuestas posibilidades de clasificación de zonas. Para terminar se expondrán las principales conclusiones extraídas de los experimentos.

Como posibles líneas de estudio futuras, se proponen el análisis de medidas que permitan mejorar la actividad logística en el área urbana y el estudio global de la ciudad como un conjunto (área urbana + corona metropolitana), apoyándose en las conclusiones de este documento.

2 ESTADO DEL ARTE

La logística urbana de mercancías es un tema bastante recurrente desde comienzos del siglo XXI, debido al auge de las grandes ciudades y a la aparición de plataformas logísticas basadas en el *e-commerce*, que requieren modos eficientes de reparto en un mercado exigente y cada vez más competitivo. En este documento se entremezclan conceptos tan variados como las técnicas de clustering de redes complejas y el análisis de la DUM, sin aparente relación por sí mismos, pero cuya relación resulta fundamental para realizar el análisis deseado.

El primer paso del estudio debe ser poder dividir la ciudad en áreas funcionales, para lo que es fundamental realizar un proceso de clustering de redes complejas (H. Assem, L. Xu, T. S. Buda, D. O'Sullivan, 2016). Un método muy usado en agrupación de localizaciones es el llamado '*spatial data mining method*' (Q. Zhu, 2016), que las agrupa según ciertas características (logísticas en este caso) propias de las zonas. Para realizar una primera aproximación y obtener estos datos que permitan organizar la red se usan los llamados '*Geographical Information Systems*' (GIS), útiles en el desarrollo y organización funcional de la ciudad (S. Fazlollahi, L. Girardin, F. Maréchal, 2014).

Pero el clustering no sólo se usa para diferenciar zonas, sino que también puede ser el punto de partida para la propia separación en zonas de reparto, tratándose así de un punto final al '*Vehicle Routing Problem*', más conocido como VRP (S. Caballero, E. Blanco, K. Valenzuela, 2007). La influencia de las soluciones de reparto en la actividad comercial como tal se manifiesta en la resolución de este problema logístico, que cuenta con muchos métodos novedosos de planteamiento, como puede ser el uso de cadenas de Markov en la función densidad de probabilidad (M. Campos, J.L. Canizales, A. Solano, J. Feliu, J. Alcaraz, 2014). En cualquier caso, la tendencia actual es el desarrollo de soluciones basadas en horizontes temporales, que aporten mayor flexibilidad y no contribuyan a la congestión del núcleo urbano en horas de máxima afluencia (H. Lei, R. Wang, G. Laporte, 2015).

Una herramienta con una creciente influencia en el estudio de la DUM es el uso de las llamadas tecnologías de la información (F. Robusté, J. Magín, M. Estrada, 2003), sobre todo tras el despunte del *e-commerce*. En este ámbito, las soluciones en tiempo real (J. Oskarbski, D. Kaszubowski, 2016) son muy valoradas por la clara influencia en la congestión urbana, destacando la tendencia a la división de la jornada de reparto en dos períodos claramente diferenciados: el día y la noche (G. Sanz, 2009).

Resulta muy ilustrativa la visión del reparto desde los entes de mayor tamaño (gobierno, empresas logísticas, etc.) hasta elementos mínimos como los consumidores o los minoristas (G. S. Marzá, R. Pastor, 2008). En este sentido, la metodología MAMCA (*Multi-Actor Multi-Criteria Analysis*) supone una buena solución de compromiso que satisface a todos los actores, siendo aplicable a ciudades muy diferentes como Sevilla (R. Chakkour, 2013), Tesalónica (C. Macharis, L. Milan, S. Verlinde, 2014) o mercados emergentes como Sudamérica (B. Kin, S. Verlinde, C. Macharis, 2017). En cualquier caso, las administraciones locales ejercen de órgano regulador (E. Ballantyne, M. Lindholm, A. Whiteing, 2013) para controlar los factores negativos propios de la actividad comercial.

A pesar de las múltiples soluciones existentes, siguen apareciendo nuevas alternativas novedosas para reducir la problemática de la DUM como puede ser la colaboración entre empresas distribuidoras (G. Sanz, R. Pastor, E. Benedito, 2013) o la generación de soluciones basadas en ventanas temporales (A. Chac Sam, 2010).

Antes de plantear estas mejoras, es necesario analizar el entorno en términos económicos, tanto las soluciones como el impacto de la propia actividad comercial: contaminación (F. Filippi, A. Nuzzolo, A. Comi, P. D. Site, 2010), congestión (I. Fernández-Barceló, J. M. Campos-Cacheda, 2012), accidentes, etc. Este hecho pone de manifiesto que la DUM no sólo tiene que enfocarse en las actividades logísticas como tal, sino también en los aspectos influyentes en las mismas, como el buen mantenimiento de autovías (M. K. Jhaa, S. Shariata, J. Abdullah, B. Devkotac, 2012), la existencia de estacionamientos suficientes, etc.

Centrando la visión en el caso práctico que analiza este documento, la ciudad de Sevilla es un ejemplo inmejorable de ciudad con casco histórico amplio, aspecto que siempre dificulta las tareas asociadas a la DUM (Muñuzuri, 2003), por lo que se tratará de aportar una visión global de sus características logísticas a lo largo de los siguientes apartados.

3 LA CIUDAD COMO RED COMPLEJA

En la apertura de este documento se ha comentado la división del área metropolitana (área urbana + corona metropolitana) en zonas como primer paso para realizar un análisis logístico de la DUM. De acuerdo a esto, el software logístico usado como base de datos diferencia 183 zonas en el área de Sevilla: 129 correspondientes al área urbana y 54 a la corona metropolitana, que conforman los municipios de La Algaba, La Rinconada, Alcalá de Guadaíra, Dos Hermanas, Coria del Río, Mairena del Aljarafe, San Juan de Aznalfarache, Tomares, Gines, Castilleja de la Cuesta, Valencina y Camas.

En la siguiente imagen se muestra un mapa de Sevilla y su corona metropolitana con algunos de los municipios anteriores señalados:

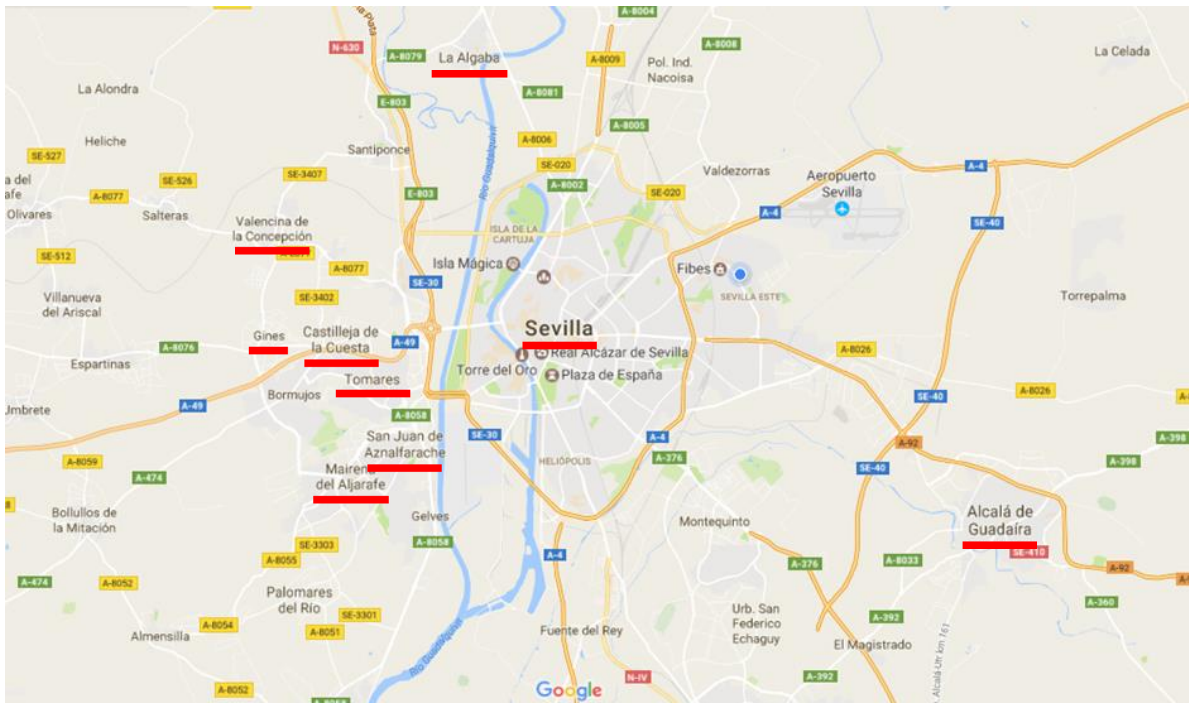


Figura 3-1. Mapa urbano de Sevilla y su corona metropolitana.

Debido a la naturaleza heterogénea de los datos, una forma intuitiva de organizarlos es discretizando el callejero, de forma que se pueda asemejar la ciudad a una red compleja formada por nodos y arcos, cada uno de ellos caracterizados por varios atributos. Esta caracterización queda detallada en los siguientes subapartados de la memoria.

3.1 Nodos

Se parte de una lista de 1.222 nodos pertenecientes a las diferentes zonas. Estos nodos pueden identificarse con localizaciones determinadas del callejero, ya que su definición permite disponer una red de interconexiones entre los mismos (arcos), cuya representación física será semejante a las calles de la ciudad.

Cada nodo se designará con un número natural. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de la discretización: los nodos, marcados como puntos rojos, indicarían ubicaciones, unidas por arcos, señalados con flechas según el sentido de circulación (unidireccional o bidireccional).

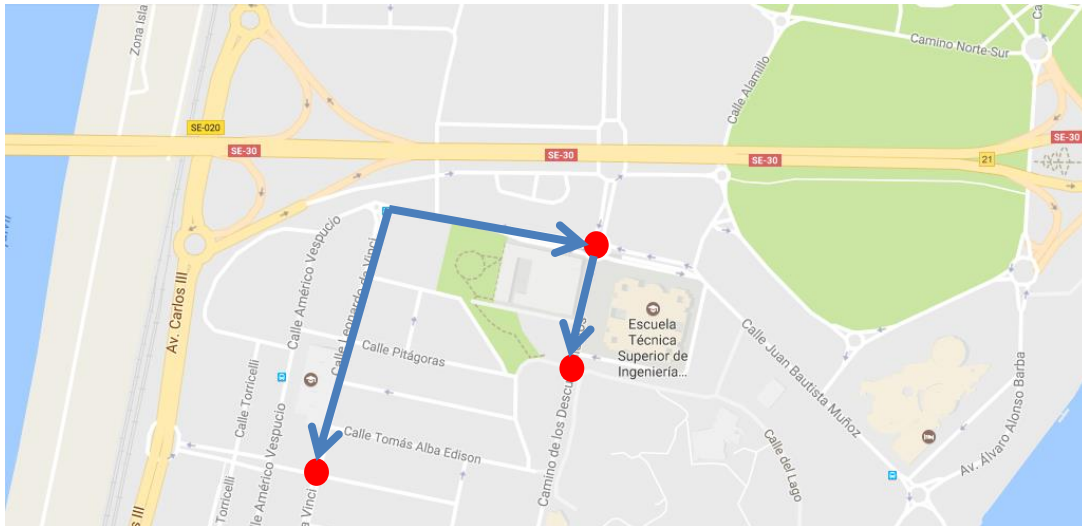


Figura 3-2. Ejemplo de discretización del callejero como red compleja.

Un problema bastante recurrente a la hora de realizar la identificación de los nodos con puntos concretos del callejero sevillano es la ausencia de un punto de referencia geográfica sobre el plano. Por este motivo, los puntos sólo pueden ser ubicados de forma aproximada a través de su código postal (C.P. en adelante). A partir de un mapa de distribución de C.P. en la ciudad, se realizará una identificación global de los diferentes barrios, si bien es necesario tener presente que no se llegará al nivel de detalle de analizar calles concretas debido a este hecho.

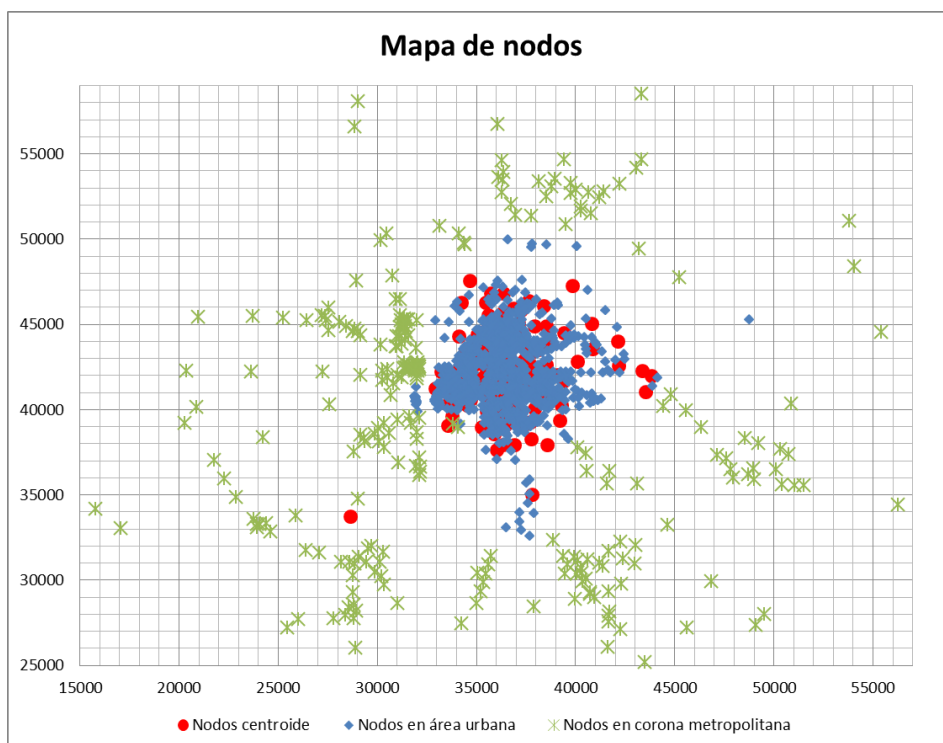


Figura 3-3. Mapa de nodos clasificados según su zona asignada.

Volviendo a la lista de nodos, se conocen los siguientes elementos:

- Coordenadas físicas: permiten determinar a qué zona pertenece cada nodo, identificando cuál es el centroide de zona más cercano. El centroide puede ser o no una ubicación coincidente con un nodo de la lista. Dentro de cada zona, el nodo más lejano al centroide asignado marca el tamaño de la misma.

3.2 Arcos

Como se expuso en el apartado anterior, los arcos serán las vías que conectan unos nodos con otros. Se nombrarán con los números de los nodos que interconectan, unidos por un guión (“-“). Sirva el siguiente ejemplo como aclaratoria.

Ejemplo 3-1.

Arco que conecta el nodo 1 con el 10: 1-10

Arco que conecta el nodo 10 con el 1: 10-1

La información disponible en la base de datos define 4.510 arcos. Todos ellos son dirigidos, aunque algunos conectan el mismo par de nodos, de modo que cada pareja estaría indicando en realidad un arco bidireccional, como puede verse en el ejemplo superior. En cualquier caso todos los arcos se considerarán de forma individual, independientemente de que exista arco en sentido opuesto o no.

Algunos barrios presentan más arcos que otros, por lo que no se muestran todas las conexiones existentes en la realidad. Esto se debe principalmente al mayor interés para el estudio de los barrios “tradicionales”: Triana, Los Remedios, Casco histórico... Este hecho provocará que ciertas mediciones se vean alteradas en términos de proporcionalidad. Por ejemplo, un hipotético barrio con 2 arcos señalados que casualmente son recorridos por transporte público presentará un 100% de calles recorridas por este tipo de transporte, mientras que un barrio con 10 arcos de los 8 están recorridos por autobuses presenta un 80% en dicha variable, a pesar de que es más probable que el segundo barrio presente una mayor proporción de este tipo de transporte.

Los arcos están caracterizados por una serie de atributos:

- Nodo inicial y final del arco. Con ello se permite conocer si la calle es de único o doble sentido, identificando si existe otro arco en dirección opuesta, y además saber a qué zona/s corresponde cada arco, dependiendo de si los nodos origen y destino pertenecen a la misma zona o no.
- Modos de transporte. Sólo serán relevantes para el estudio el transporte a pie, en coche y en autobús, al ser los más críticos para la actividad comercial.
- Número de carriles. En el caso de una calle de doble dirección se proporciona el dato para cada sentido por separado.
- Número de automóviles/día. Volumen medio de tráfico que afecta a cada arco. Las calles peatonales, por tanto, tendrán 0 como valor de este atributo.

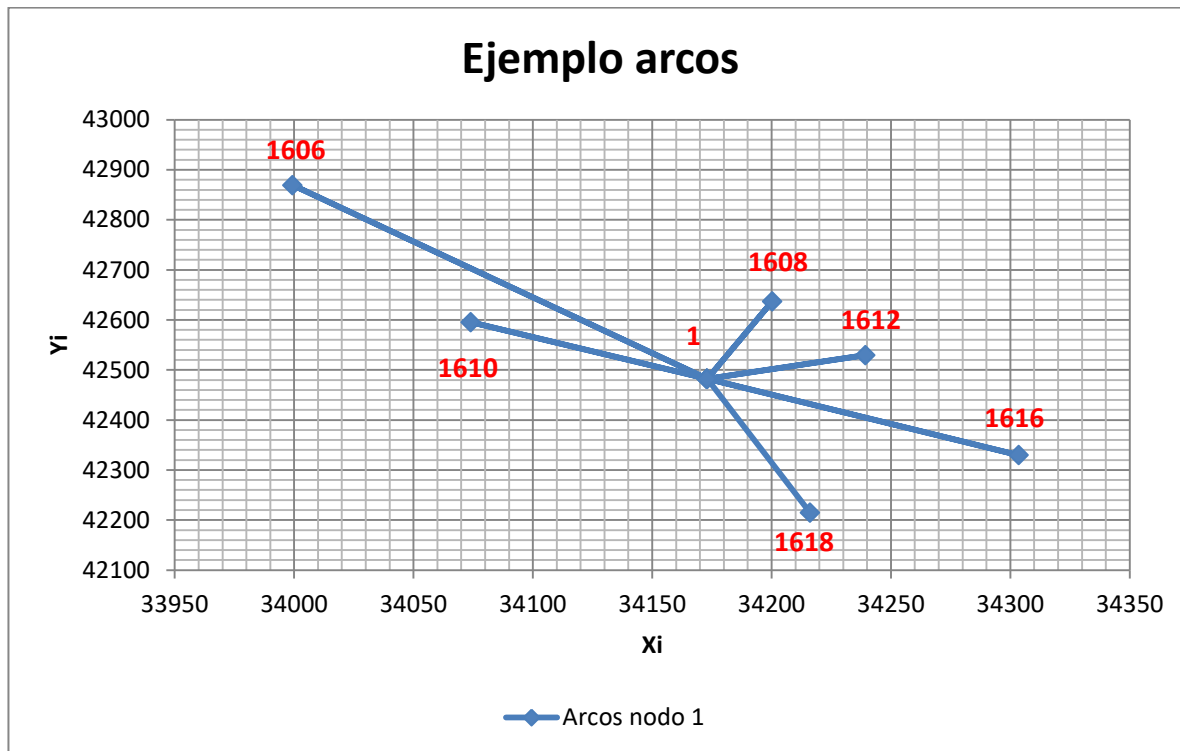


Figura 3-4. Ejemplo de representación de arcos salientes de un nodo.

3.3 Zonas

Las zonas, bases del estudio que se realizará en sucesivos apartados, sólo serán consideradas para el caso del área urbana (zonas 1-129), ya que el resto corresponde a la logística externa al municipio de Sevilla. Los datos disponibles para cada zona son:

- Coordenadas físicas de su centroide. Puede coincidir o no con un nodo definido.
- Código postal. Cada código engloba varias zonas, de modo que ciertas variables referidas por C.P. (como el número de repartos diarios de mercancía) se obtendrán como un promedio “repartiendo” a partes iguales entre todas las zonas que éste engloba. Este hecho tendrá bastante relevancia en la variable de repartos diarios de mercancías por zona.
- Población. Información disponible sólo para las zonas 1-129, ya que son las zonas afectadas por el estudio.
- Número de establecimientos comerciales por categoría, así como el promedio de repartos diarios de mercancía para cada categoría de establecimiento.

Tabla 3-1. Barrios con su C.P.

Código postal	Barrio
41001	Plaza de Armas-Casco histórico
41002	La Alameda de Hércules-Casco histórico
41003	Puerta Osario-La Macarena
41004	Prado de San Sebastián-San Bernardo-Casco histórico
41005	Nervión
41006	Amate-Rochelambert-Padre Pío
41007	Santa Clara-San Pablo
41008	La Macarena-Ctra. de Carmona
41009	Alamillo-San Jerónimo
41010	Triana
41011	Los Remedios
41012	Heliópolis
41013	Las 3000 Viviendas-La Palmera
41014	Bellavista
41015	San Jerónimo-Pino Montano
41016	Torreblanca
41017	Torreblanca
41018	San Bernardo-La Buhaira
41019	Parque Alcosa
41020	Sevilla Este
41092	Isla de La Cartuja

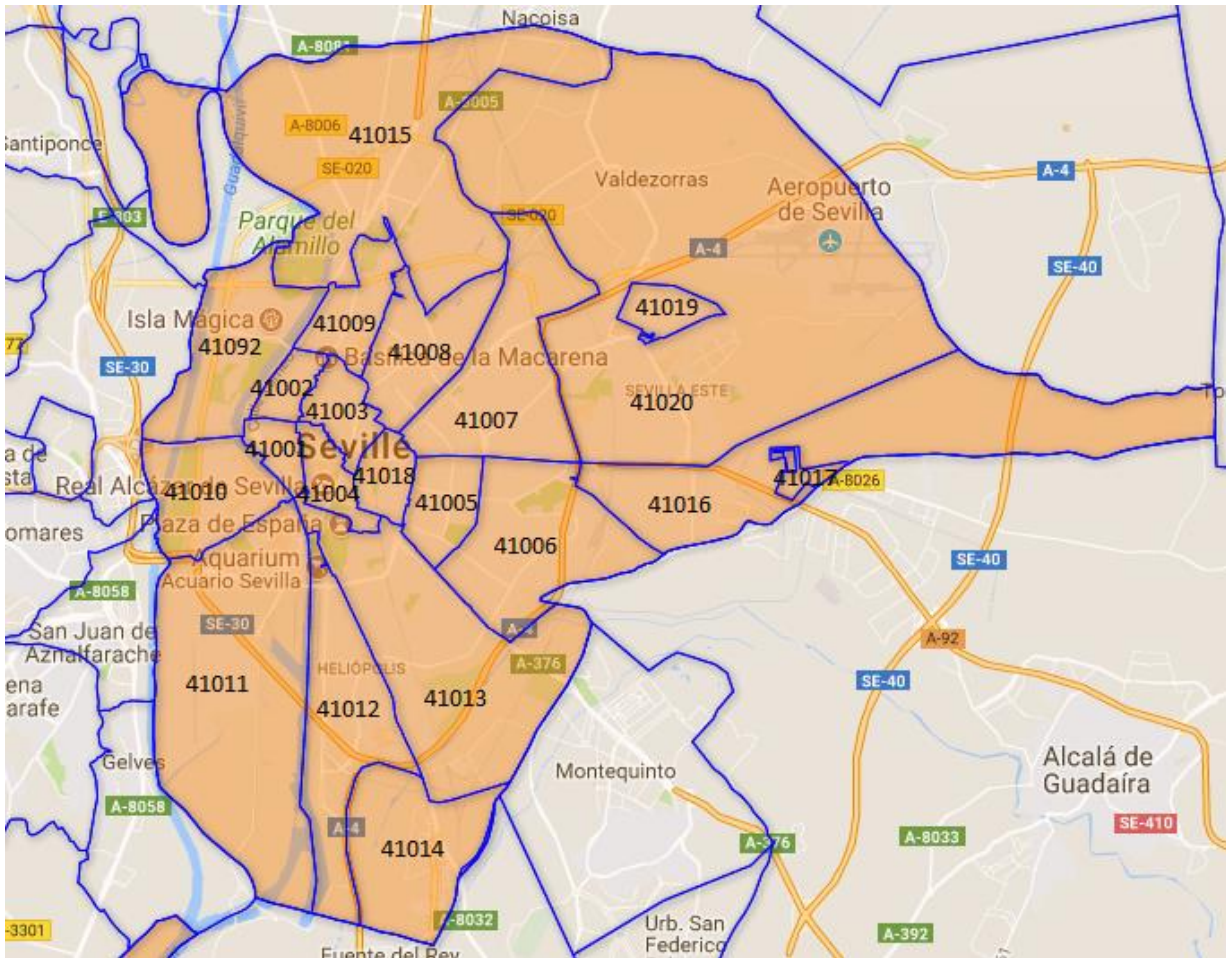


Figura 3-5. Mapa de Sevilla dividido por códigos postales.

4 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS

Una vez conocidas las hipótesis en las que se basará este estudio, llega el momento de establecer la base de datos que será fuente de los experimentos tratados en este texto. Como se explicó en el primer apartado de esta memoria, se dispone inicialmente de una serie de datos brutos en ficheros de texto (.txt) con información sobre nodos y arcos, y un fichero MS Excel (.xls) relativo a las zonas, todos ellos proporcionados por un programa informático especializado en el ámbito logístico. En las siguientes figuras se muestra la forma de distribución de estos datos de partida:

Lista de Arcos: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda	id	type	lanes	volau	i	j
					1-1606	33	0.0	0	1	1606
					1-1608	33	0.0	0	1	1608
					1-1610	31	2.0	554	1	1610
					1-1612	31	2.0	0	1	1612
					1-1616	33	0.0	0	1	1616
					1-1618	31	2.0	285	1	1618
					2-1602	31	2.0	212	2	1602
					2-1606	33	0.0	0	2	1606
					2-1608	33	0.0	0	2	1608
					2-1612	33	0.0	0	2	1612
					2-1614	31	2.0	499	2	1614
					2-1638	33	0.0	0	2	1638
					3-410	31	2.0	111	3	410
					3-412	31	2.0	793	3	412
					3-414	33	0.0	0	3	414
					4-324	33	0.0	0	4	324
					4-330	31	2.0	347	4	330
					4-332	33	0.0	0	4	332
					4-334	33	0.0	0	4	334
					4-336	33	0.0	0	4	336
					4-404	31	2.0	715	4	404
					4-406	33	0.0	0	4	406
					5-334	33	0.0	0	5	334
					5-336	31	2.0	520	5	336
					5-402	33	0.0	0	5	402
					5-2005	33	0.0	0	5	2005
					6-402	31	2.0	1189	6	402
					6-414	33	0.0	0	6	414
					6-416	31	2.0	350	6	416
					6-420	31	2.0	333	6	420
					6-422	33	0.0	0	6	422
					6-424	33	0.0	0	6	424
					7-412	33	0.0	0	7	412
					7-414	31	2.0	191	7	414
					7-420	33	0.0	0	7	420

Figura 4-1. Listados de arcos.

Lista de Nodos: Bloc de notas

Archivo	Edición	Formato	Ver	Ayuda	i	id	i	xi	y1
					1	1	1	34173.00	42482.00
					2	2	2	34406.50	42660.50
					3	3	3	34991.30	42636.20
					4	4	4	35564.60	42592.20
					5	5	5	35519.40	42267.20
					6	6	6	35274.40	41803.10
					7	7	7	34585.90	42219.50
					8	8	8	35151.60	41321.60
					9	9	9	34412.90	43267.10
					10	10	10	34765.70	43676.10
					11	11	11	35163.30	43715.60
					12	12	12	35214.90	43041.80
					13	13	13	35543.10	43521.30
					14	14	14	35698.30	43055.40
					15	15	15	35050.50	44401.50
					16	16	16	35382.40	44312.00
					17	17	17	35539.30	44701.50
					18	18	18	35631.30	45509.00
					19	19	19	35472.50	46259.00
					20	20	20	35739.80	46822.80
					21	21	21	36293.60	45629.70
					22	22	22	36383.40	46792.60
					23	23	23	35656.90	43931.00
					24	24	24	36453.50	43921.60
					25	25	25	36179.50	44044.70
					26	26	26	35710.70	44284.70
					27	27	27	36931.00	44275.30
					28	28	28	37120.10	45037.50
					29	29	29	36478.90	44685.60
					30	30	30	36276.10	45213.10
					31	31	31	35946.00	44789.00
					32	32	32	36881.10	45927.30
					33	33	33	37268.20	45840.90
					34	34	34	37263.00	44456.90
					35	35	35	37940.60	44874.20

Figura 4-2. Listados de nodos.

Links-modes: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

c	i	id	modos	j
1	1-1606	p	1606	
1	1-1608	p	1608	
1	1-1610	cbph	1610	
1	1-1612	cbp	1612	
1	1-1616	p	1616	
1	1-1618	cbph	1618	
2	2-1602	cbph	1602	
2	2-1606	p	1606	
2	2-1608	p	1608	
2	2-1612	p	1612	
2	2-1614	cbph	1614	
2	2-1638	p	1638	
3	3-410	cbph	410	
3	3-412	cbph	412	
3	3-414	p	414	
4	4-324	p	324	
4	4-330	cbph	330	
4	4-332	p	332	
4	4-334	p	334	
4	4-336	p	336	
4	4-404	cbph	404	
4	4-406	p	406	
5	5-334	p	334	
5	5-336	cbph	336	
5	5-402	p	402	
5	5-2005	p	2005	
6	6-402	cbph	402	
6	6-414	p	414	
6	6-416	cbph	416	
6	6-420	cbph	420	
6	6-422	p	422	
6	6-424	p	424	
7	7-412	p	412	
7	7-414	cbph	414	
7	7-420	p	420	

Figura 4-3. Listados de modos de conexión.

Exportando estos datos al archivo MS Excel de partida tenemos una interfaz matemática que permitirá realizar las diferentes operaciones y cálculos que llevarán a la definición de la base de datos. Ésta requiere los siguientes campos:

Tabla 4–1. Información de la base de datos.

Nodos	A qué zona pertenece cada nodo
Arcos	A qué zona o zonas pertenece cada arco Número de carriles Si existe o no otro arco en dirección opuesta Modos de transporte Flujo de vehículos Existencia o no de transporte público
Zonas	Distancia del centroide de la zona al centro de la ciudad Población Número de repartos diarios de mercancías % de calles peatonales % de calles de un carril en un solo sentido % de calles de un carril por sentido % de calles con transporte público Flujo promedio de vehículos

Hay que destacar que uno de los requisitos del estudio es que se consideren sólo los nodos que no son centroide de zona (aquellos nodos con distancia mínima nula a un centroide serán discriminados), y adicionalmente deben quedar descartados aquellos arcos que unen centroides con nodos normales (conocidos los nodos centroide, los arcos que los conecten a nodos que no lo son no se contemplarán), ya que se trata de conexiones ficticias.

A continuación se realiza un desglose de la metodología seguida para obtener los datos requeridos en la definición del trabajo:

- Nodos.
 - *Zona asignada a cada nodo.* Conocida la ubicación en el plano (X,Y) de un nodo y la de todos los centroides de zona, se calcula la distancia del nodo en cuestión a cada uno de los centroides con la siguiente fórmula:

$$d_{n-c} = \sqrt{(X_c - X_n)^2 + (Y_c - Y_n)^2} \quad (4-1)$$

Siendo “ X_c ” e “ Y_c ” las coordenadas de un centroide y “ X_n ” e “ Y_n ” las de un nodo.

Nodo	Coord. X _n	Coord. Y _n	Coord. X centroide zona	Coord. Y centroide zona	Distancias nodo-zona
1	34.173,00	42.482,00	34173	34406,5	0,0000
2	34.406,50	42.660,50	34991,3	35544,6	293,9124
3	34.991,30	42.636,20	42682	42660,5	832,7019
4	35.544,60	42.592,20	42636,2	42592,2	1376,0198
5	35.519,40	42.267,20	42592,2	42267,2	1363,4266
6	35.274,40	41.803,20	42267,2	41803,1	1293,8266
7	34.585,30	42.219,50	41803,1	42219,5	489,2777
8	35.151,60	41.321,60	42219,5	41321,6	1517,9546
9	34.412,90	43.267,10	41321,6	43267,1	820,9948
10	34.765,70	43.676,10	43267,1	43676,1	1333,1047
11	35.163,30	43.715,60	43676,1	43715,6	1581,9175
12	35.214,90	43.041,80	43715,6	43041,8	1182,7644
13	35.543,10	43.521,30	43041,8	43521,3	1719,6856
14	35.698,30	43.054,40	43521,3	43054,4	1629,5176
15	35.050,50	42.401,50	43054,4	42401,5	2110,5654
16	35.382,40	42.312,00	42401,5	42312,0	1856,2912
17	35.539,30	44.701,50	42312,0	44701,5	1825,2024
18	35.631,30	45.509,80	44701,5	45509,8	1930,8121
19	35.472,50	46.259,00	45509,8	46259,0	2110,5654
20	35.739,80	46.822,80	46259,0	46822,8	2384,2915
21	36.293,60	45.629,70	46822,8	45629,7	2136,7658
22	36.383,40	46.792,60	45629,7	46792,6	2918,8879
23	35.656,90	43.931,00	46792,6	43931,0	3244,3813
24	36.453,50	43.921,60	43931,0	43921,6	3244,3813
25	36.179,50	44.084,70	43921,6	44084,7	3244,3813
26	35.710,70	44.275,30	44084,7	44275,3	3244,3813
27	36.931,00	44.275,30	44275,3	44275,3	3244,3813
28	36.931,00	44.275,30	44275,3	44275,3	3244,3813

Figura 4-4. Cálculo de distancia nodo-centroide de zona.

Una vez se dispone de la distancia de un nodo a cada centroide se escoge la de menor valor, y el centroide al que corresponda marcará la zona a la que queda asignado el nodo.

- Arcos.
 - *Zona/s a la/s que pertenece cada arco.* Como se conocen los nodos origen y destino de cada arco y previamente se obtuvieron las zonas a las que se asignaban estos nodos, las zonas de un arco serán las de los nodos que conecta. En el caso de que nodos origen y destino pertenezcan a la misma zona, el arco pertenecerá a una única zona.
 - *Nº de carriles.* Esta información la proporcionan directamente los archivos de datos de partida.
 - *Existencia de arco en dirección opuesta.* Conocida la existencia de un arco $i-j$ se busca en la lista de arcos la existencia de un arco $j-i$. Si éste existe será bidireccional y si no unidireccional.
 - *Modos de transporte.* Quedan definidos por los datos de partida asociados a los arcos. Como se explicó en apartados previos sólo será relevante el transporte a pie (p), en coche (c) y en autobús (b).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Nodo origen (i)	Nodo destino (j)	Arco i-j	Nº carriles	Nº automóviles/día	Zona origen del arco i-j	Zona destino del arco i-j	Zonas arco i-j	Arco en dirección contraria?	Nº carriles sentido contrario	Modos de transporte
1	1	1606	1-1606	0	0	1	1	1	SI	0	p
2	1	1608	1-1608	0	0	1	1	1	SI	0	p
3	1	1610	1-1610	2	554	1	1	1	SI	2	cbph
4	1	1612	1-1612	2	0	1	1	1	SI	2	cbp
5	1	1616	1-1616	0	0	1	1	1	SI	0	p
6	1	1618	1-1618	2	285	1	1	1	SI	2	cbph
7	2	1602	2-1602	2	212	2	2	2	SI	2	cbph
8	2	1606	2-1606	0	0	2	2	1 y 2	SI	0	p
9	2	1608	2-1608	0	0	2	2	1 y 2	SI	0	p
10	2	1612	2-1612	0	0	2	2	1 y 2	SI	0	p
11	2	1614	2-1614	2	499	2	2	1 y 2	SI	2	cbph
12	2	1638	2-1638	0	0	2	2	2	SI	0	p
13	3	410	3-410	2	111	3	3	3	SI	2	cbph
14	3	412	3-412	2	793	3	3	3 y 7	SI	2	cbph
15	3	414	3-414	0	0	3	3	3 y 7	SI	0	p
16	4	324	4-324	0	0	4	4	4 y 40	SI	0	p
17	4	330	4-330	2	347	4	4	4 y 14	SI	2	cbph
18	4	332	4-332	0	0	4	4	4 y 12	SI	0	p
19	4	334	4-334	0	0	4	4	4	SI	0	p
20	4	336	4-336	0	0	4	4	5 y 5	SI	0	p
21	4	404	4-404	2	715	4	4	4	SI	2	cbph
22	4	406	4-406	0	0	4	4	12 y 12	SI	0	p
23	5	334	5-334	0	0	5	5	4 y 5	SI	0	p
24	5	336	5-336	2	520	5	5	5	SI	2	cbph
25	5	402	5-402	0	0	5	5	5	SI	0	p
26	5	2005	5-2005	0	0	5	5	5	SI	0	p
27	6	402	6-402	2	1189	6	6	5 y 6	SI	2	cbph
28	6	414	6-414	0	0	6	6	7 y 7	SI	0	p
29	6	416	6-416	2	350	6	6	6	SI	2	cbph

Figura 4-5. Base de datos de arcos.

- *Flujo de vehículos.* El flujo medio de automóviles para cada arco se proporciona en los datos de partida del programa logístico.
- *Existencia de transporte público.* A partir de los modos de transporte asociados a un arco, se localiza los que contienen la letra “b”, que marca la existencia de autobús público.

- Zonas.

- *Distancia del centroide al centro urbano.* El centro urbano se obtiene con la media aritmética de las coordenadas (X,Y) de los centroides de zona desde la zona 1 a la 129 (zonas urbanas).

$$X_{\text{centro urbano}} = 36.874,772$$

$$Y_{\text{centro urbano}} = 42.272,035$$

Conocida esta ubicación, se calcula la distancia de cada centroide de zona a dicho punto usando la fórmula (4-1).

- *Población.* Dicho dato es facilitado en la información de partida (sólo disponible para zonas 1-129).
- *Nº de repartos diarios de mercancías.* Se conoce el número de repartos diarios por tipo de comercio y por C.P., de modo que como se conocen las zonas pertenecientes a cada uno de los C.P. se puede estimar una media para cada zona repartiendo equitativamente entre todas las zonas pertenecientes a un mismo C.P.
- *% de calles peatonales.* Primero se obtiene el total de arcos pertenecientes a cada zona (salientes + entrantes). Posteriormente se comprueba cuántos de estos arcos son peatonales, pudiendo establecerse la proporción como porcentaje del total.
- *% de calles de un carril en un solo sentido.* El cálculo es similar al anterior. Se parte del total de arcos calculado anteriormente, y después se seleccionan aquellos arcos que conectan dos nodos sólo en uno de los sentidos (no existe el arco $j-i$) y que poseen un único carril. Con estos números ya puede establecerse la proporción.
- *% de calles de un carril por sentido.* La proporción se obtiene igual que la anterior, pero se buscan arcos que poseen otro en sentido contrario (esta vez sí existiría el $j-i$) y que tanto el arco de “ida” como el de “vuelta” tengan 1 carril.
- *% de calles con transporte público.* De modo similar a los anteriores, se comprueba cuáles del total de arcos de una zona contienen transporte público, estableciéndose la proporción.
- *Flujo promedio de vehículos.* Se conoce el flujo medio de vehículos por cada arco, de modo que sumando los flujos de entrada y salida, y restando la duplicidad (hay arcos que entran y salen de la misma zona), se obtiene el flujo total de vehículos en una zona.

La mayoría de cálculos intermedios se apoyan en tablas dinámicas que permiten establecer los filtros necesarios y funciones de búsqueda y referencia disponibles en MS Excel.

5 ANÁLISIS DE EXPERIMENTOS

Una vez definida por completo la base de datos, llega el momento de establecer las clasificaciones iniciales y las combinaciones de ponderaciones que permitan valorar los criterios que lleven a los resultados finales para las zonas planteadas en este documento.

Antes de comenzar, resulta imprescindible alinear la valoración de los criterios de forma que queden dirigidos en un mismo sentido, es decir, definir qué zona será mejor para el reparto logístico y qué zona será peor para cada uno de los criterios. Esto implicará la definición de un ranking del 1 al 129 (se tratarán 129 zonas como ya se mencionó) que siempre coloque el caso más perjudicial (favorable) al inicio (final) de la lista. A lo largo del desarrollo se seguirán las siguientes hipótesis, alineadas con el fin de que la zona clasificada en primer lugar sea la que más complicado tenga el reparto de mercancías:

1. Distancia centroide-centro de Sevilla.

1. Zona con menor distancia al centro.

...

129. Zona con mayor distancia al centro.

2. Población.

1. Zona con mayor población.

...

129. Zona con menor población.

3. N° repartos diarios de mercancías.

1. Zona con mayor número de repartos de mercancías.

...

129. Zona con menor número de repartos de mercancías.

4. % calles peatonales.

1. Zona con mayor % de calles peatonales.

...

129. Zona con menor % de calles peatonales.

5. % calles de un carril en un solo sentido.

1. Zona con mayor % de calles en un solo sentido.

...

129. Zona con menor % de calles en un solo sentido.

6. % calles un carril por sentido.

1. Zona con mayor % de calles con un carril por sentido.

...

129. Zona con menor % de calles con un carril por sentido.

7. % calles con transporte público.

1. Zona con mayor % de calles con transporte público.

...

129. Zona con menor % de calles con transporte público.

8. Flujo promedio de vehículos.

1. Zona con mayor flujo promedio de vehículos.

...

129. Zona con menor flujo promedio de vehículos.

De forma resumida, se considera que los repartos serán más difíciles:

- Cuanto más próximo al centro urbano se encuentre, por la estrechez de las calles e irregularidad del trazado y la mayor dificultad de acceso desde los centros logísticos, que suelen encontrarse a las afueras de las grandes ciudades.
- Cuanto mayor sea la población de la zona, ya que ello contribuye a un mayor número de peatones circulando por las inmediaciones y dificultando el flujo del tráfico (semáforos, pasos de peatones, etc.), y por consiguiente las tareas de reparto. Generalmente, zonas muy pobladas requerirán un mayor número de repartos diarios para abastecer la demanda de la zona, por lo que hay cierta correlación entre ambos factores.
- Cuanto menor sea la capacidad de circulación de las vías, ya que se dificulta el estacionamiento de vehículos de reparto, ya sea en zonas habilitadas para carga-descarga o en doble fila.
- Cuanto mayor tráfico circule por las mismas incluyendo la presencia de transporte público, debido a que las paradas para carga/descarga de pasajeros provocan congestión de las vías.

5.1 Metodologías de valoración

Dentro de las múltiples posibilidades para elaborar un ranking de las zonas, en este estudio se ha elegido seguir un criterio de ponderación del 1 al 8. Del mismo modo hubiera sido válido uno en el que todos los pesos sumaran 1, u otro con diferentes incrementos entre un peso y el consecutivo, pero hay que tener en cuenta que dichas opciones podrían devolver diferentes resultados.

Volviendo al criterio seguido, este método permitirá realizar una priorización de diversos elementos, ayudando a discriminar la influencia de unos criterios frente a otros. De acuerdo a esta metodología se realizarán diversas clasificaciones de modo que se puedan escoger según las prioridades de la persona que precise del estudio.

La fórmula aplicada para obtener los valores (V) que servirán para ordenar la dificultad de reparto tiene la siguiente forma:

$$V = \sum_{i=1}^8 p_i * valor_i \quad (5-1)$$

Donde “ p_i ” es el peso y “ $valor_i$ ” el valor de la variable que se quiere usar como criterio de clasificación, ambos referidos al criterio “ i ”.

Dentro de las mencionadas múltiples variantes de clasificación, en este documento se tratarán dos posibles aplicaciones de la fórmula superior:

- Ranking según clasificaciones ponderadas. En esta variante, el “ $valor_i$ ” de la fórmula (5-1) serán números naturales entre el 1 y el 129 resultantes de la clasificación previa según criterios individuales.

- Ránking según valores ponderados. En este caso, el “valor_i” será el propio valor de la variable en cuestión normalizado, sin pasar por el filtro de la clasificación previa. Para evitar la distorsión que provoca el tener criterios con órdenes de magnitud muy dispares, se normalizan estos valores. El procedimiento para conseguir esto consiste en establecer una escala de 0 a 100 (similar al porcentaje), siendo 100 el valor más favorable para el reparto y 0 el menos favorable. Este ránking nos permitirá establecer un juicio de mayor valor apoyando o no los resultados obtenidos con el anterior criterio de clasificación.

5.2 Clasificación según criterios individuales

Resulta lógico, antes de ir profundizando en clasificaciones más complejas, comenzar con la clasificación de zonas que proporciona cada criterio por separado. Aplicando la fórmula (5-1), esto se consigue asignando un “1” al peso del criterio en torno al cual se quiere realizar la valoración y un “0” al resto. De este modo, es el valor de la propia variable el que marcará la clasificación.

Esta operación y su posterior ordenado devuelven un orden del 1 al 129 de las zonas, que se utilizará en el apartado (5.3) para obtener el ránking final. Cabe destacar que existe una particularidad en este tipo de clasificación: cuando dos zonas tienen el mismo valor de variable se les asigna el mismo valor de orden, pero cuando una deja de coincidir en valor se retoma el valor que le corresponde. Sirva el siguiente ejemplo basado en el porcentaje de calles peatonales como aclaración.

Ejemplo 5-1.

Zona 1: 50% de calles peatonales

Zona 2: 25% de calles peatonales

Zona 3: 62% de calles peatonales

Zona 4: 50% de calles peatonales

Clasificación final:

1. Zona 3

2. Zona 1

2. Zona 4

4. Zona 2

En el ejemplo anterior se observa como la “zona 4” tiene el segundo mayor valor en la clasificación a pesar de poder corresponderle también el “3”, debido a que el valor de la variable es el mismo que el de la zona que ocupa el puesto anterior. Sin embargo, la “zona 2” recupera el valor “4”, ya que tiene

3 zonas por delante con mayor magnitud de la variable. Otro aspecto a destacar es que existen zonas que no disponen de arcos asociados a la misma, de modo que en aquellos criterios en los que sea necesario calcular un porcentaje de arcos, el valor tenderá a ∞ . Por ello, y por la dificultad que suele implicar el reparto en áreas sin calles, estas zonas (66, 90 y 124) se considerarán en los puestos iniciales de la clasificación (reparto más complejo), y su valor de variable se señalará como “-“ en la tabla de resultados, que se muestra a continuación:

Tabla 5–1. Clasificación de zonas por criterios individuales.

Zona	Distancia centroide-centro Sevilla	Clasificación	Población	Clasificación	Nº repartos diarios de mercancías	Clasificación	% calles peatonales	Clasificación	% Calles de un carril en un solo sentido	Clasificación	% Calles de un carril por sentido	Clasificación	% Calles con transporte público	Clasificación	Flujo promedio de vehículos	Clasificación
1	2.710	68	3.577	84	36	7	35%	13	3%	9	0%	89	65%	104	24.142	36
2	2.499	58	2.679	93	36	7	59%	4	0%	10	6%	83	41%	121	1.951	121
3	1.918	38	3.137	88	19	15	56%	5	0%	10	22%	56	44%	120	1.946	122
4	1.368	20	2.572	95	16	34	31%	19	0%	10	0%	89	69%	96	6.983	105
5	1.355	19	2.566	96	19	15	14%	39	0%	10	0%	89	86%	70	13.932	82
6	1.668	28	2.146	100	19	15	23%	29	0%	10	0%	89	58%	113	22.536	41
7	2.289	50	3.794	82	36	7	38%	9	0%	10	13%	71	50%	116	14.642	80
8	1.968	40	1.011	110	19	15	7%	54	0%	10	7%	79	93%	56	21.843	45
9	2.655	65	5.959	56	50	3	35%	14	0%	10	0%	89	65%	103	10.527	95
10	2.534	61	5.588	62	50	3	32%	18	0%	10	11%	75	68%	97	23.035	40
11	2.239	48	7.404	39	16	34	40%	8	0%	10	20%	59	60%	110	2.025	120
12	1.830	35	4.069	77	16	34	41%	7	0%	10	27%	50	59%	112	5.240	111
13	1.826	34	6.404	50	16	34	36%	12	0%	10	0%	89	61%	109	18.717	63
14	1.413	22	4.178	76	16	34	24%	28	0%	10	12%	73	76%	87	22.323	43
15	2.804	73	6.447	49	10	79	5%	59	0%	10	0%	89	95%	50	35.996	12
16	2.528	60	920	113	10	79	22%	30	0%	10	44%	24	78%	84	12.029	91
17	2.772	71	4.758	70	10	79	17%	34	3%	7	41%	32	83%	80	14.877	78
18	3.468	94	393	125	10	79	0%	63	4%	6	0%	89	92%	58	37.166	9
19	4.226	112	4.308	74	10	79	0%	63	0%	10	57%	13	86%	70	8.165	102
20	4.690	116	5.828	59	41	5	0%	63	0%	10	43%	29	50%	116	25.960	30
21	3.408	91	2.680	92	10	79	0%	63	0%	10	30%	45	100%	4	18.827	62
22	4.547	115	786	118	41	5	0%	63	0%	10	47%	21	67%	100	17.464	70
23	2.058	44	7.084	42	10	79	25%	22	0%	10	0%	89	63%	105	13.589	86
24	1.703	31	3.640	83	7	114	25%	22	0%	10	44%	26	75%	91	17.573	69
25	1.904	37	6.518	48	7	114	38%	9	0%	10	13%	71	63%	105	14.323	81
26	2.325	53	6.229	52	10	79	25%	22	0%	10	25%	52	63%	105	16.893	74

27	2.004	41	9.586	15	7	114	27%	21	0%	10	46%	23	73%	92	20.141	54
28	2.776	72	9.518	16	7	114	5%	59	0%	10	18%	63	95%	50	11.801	92
29	2.446	56	7.898	34	7	114	18%	32	0%	10	18%	63	82%	81	21.278	49
30	3.001	78	12.440	8	10	79	0%	63	0%	10	29%	46	100%	4	23.119	39
31	2.683	67	12.961	7	10	79	5%	56	0%	10	26%	51	95%	54	24.505	34
32	3.655	100	11.890	10	7	114	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	2.557	118
33	3.590	98	4.780	67	7	114	0%	63	0%	10	7%	81	100%	4	16.951	73
34	2.219	47	9.118	21	7	114	5%	57	0%	10	50%	14	95%	52	15.398	77
35	2.812	74	860	115	7	114	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	3.537	115
36	3.079	82	860	115	7	114	0%	63	0%	10	14%	69	100%	4	23.770	38
37	4.108	109	4.779	68	7	114	0%	63	0%	10	38%	35	46%	119	32.751	14
38	3.868	105	8.859	25	7	114	0%	63	0%	10	50%	14	100%	4	7.351	103
39	4.182	110	9.119	20	7	114	0%	63	0%	10	22%	56	78%	84	24.058	37
40	991	11	3.896	80	16	34	18%	33	0%	10	5%	86	78%	86	33.178	13
41	1.126	15	7.642	37	16	34	8%	50	0%	10	25%	52	92%	59	22.500	42
42	1.112	14	6.885	44	7	114	22%	30	0%	10	11%	74	67%	100	17.771	67
43	1.545	25	8.559	28	7	114	9%	49	0%	10	17%	66	91%	62	50.107	5
44	1.574	27	4.481	72	7	114	0%	63	0%	10	29%	46	86%	70	20.310	51
45	585	5	3.839	81	11	70	0%	63	0%	10	21%	58	86%	70	19.126	59
46	282	1	6.944	43	11	70	0%	63	0%	10	25%	52	100%	4	24.881	32
47	925	10	644	122	11	70	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	10.412	96
48	846	9	9.920	13	11	70	0%	63	0%	10	33%	39	100%	4	5.128	112
49	1.346	18	5.675	61	11	70	0%	63	0%	10	47%	21	100%	4	27.121	26
50	1.745	33	8.885	24	11	70	0%	63	0%	10	63%	11	100%	4	17.324	72
51	1.705	32	1.504	103	11	70	0%	63	0%	10	25%	52	100%	4	9.086	98
52	2.445	55	5.751	60	11	70	0%	63	0%	10	67%	9	100%	4	27.218	25
53	1.050	13	1.038	109	19	15	13%	41	0%	10	0%	89	88%	67	18.445	64
54	830	8	3.204	87	16	25	4%	62	0%	10	0%	89	96%	47	29.305	19
55	406	2	6.857	45	18	20	17%	35	0%	10	7%	82	83%	78	24.474	35
56	818	7	7.582	38	18	20	5%	57	0%	10	0%	89	95%	52	25.674	31
57	523	4	4.197	75	18	20	11%	46	0%	10	29%	46	89%	64	21.411	47
58	421	3	2.619	94	18	20	14%	39	0%	10	36%	37	86%	70	16.468	76
59	732	6	8.289	31	18	20	8%	50	0%	10	50%	14	92%	59	19.797	56
60	1.283	17	3.320	86	16	25	11%	45	0%	10	44%	24	89%	66	19.694	57
61	1.009	12	6.029	53	16	25	15%	37	0%	10	0%	89	85%	76	24.510	33
62	1.257	16	4.007	79	16	25	0%	63	0%	10	15%	68	100%	4	26.502	28
63	1.561	26	4.025	78	16	25	4%	61	0%	10	8%	78	96%	49	30.082	17
64	1.894	36	5.241	64	9	89	0%	63	0%	10	40%	33	100%	4	17.602	68
65	2.305	52	5.832	58	9	89	0%	63	0%	10	40%	33	100%	4	14.749	79
66	2.300	51	6.287	51	9	89	-	1	-	1	-	1	-	1	0	127
67	2.022	42	9.227	19	9	89	0%	63	0%	10	64%	10	100%	4	13.662	84
68	1.406	21	9.355	18	9	89	8%	53	0%	10	31%	44	92%	57	27.334	23
69	1.671	29	7.946	33	9	89	13%	41	0%	10	44%	26	88%	67	13.658	85
70	2.250	49	11.284	12	9	89	0%	63	0%	10	36%	36	100%	4	20.157	53

71	2.628	64	2.333	98	9	89	0%	63	3%	8	32%	43	100%	4	51.109	3
72	2.444	54	11.914	9	9	89	0%	63	0%	10	43%	28	100%	4	21.783	46
73	3.152	84	13.380	4	9	89	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	27.267	24
74	3.441	93	4.767	69	9	89	0%	63	0%	10	5%	86	100%	4	31.744	15
75	1.931	39	627	123	7	100	0%	63	0%	10	6%	84	94%	55	36.047	11
76	1.701	30	7.086	41	7	100	13%	41	0%	10	0%	89	88%	67	5.751	109
77	2.152	45	4.973	66	7	100	9%	48	0%	10	19%	62	91%	63	25.962	29
78	2.555	62	2.025	101	7	100	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	19.655	58
79	2.834	75	1.100	107	7	100	0%	63	0%	10	0%	89	80%	82	11.220	94
80	3.263	87	6.857	45	7	100	0%	63	0%	10	33%	39	100%	4	29.377	18
81	1.464	24	2.407	97	7	100	7%	55	0%	10	9%	76	84%	77	41.228	7
82	1.435	23	5.146	65	16	25	15%	38	0%	10	18%	65	85%	75	18.916	60
83	2.034	43	8.430	29	7	100	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	17.836	66
84	2.200	46	3.556	85	7	100	0%	63	0%	10	20%	59	100%	4	16.469	75
85	2.469	57	2.025	101	16	25	0%	63	0%	10	17%	67	100%	4	9.862	97
86	2.622	63	5.457	63	7	100	0%	63	0%	10	35%	38	100%	4	20.841	50
87	3.153	85	8.391	30	7	100	0%	63	0%	10	58%	12	100%	4	13.116	88
88	3.205	86	9.499	17	7	100	0%	63	0%	10	100%	4	100%	4	856	124
89	3.348	89	7.799	35	7	100	0%	63	0%	10	50%	14	100%	4	9.086	98
90	4.101	108	464	124	7	100	-	1	-	1	-	1	-	1	0	127
91	3.733	103	1.084	108	14	48	0%	63	0%	10	0%	89	83%	78	27.627	21
92	2.734	70	2.988	90	30	10	0%	63	0%	10	7%	79	96%	48	57.449	1
93	3.565	95	5.969	55	30	10	0%	63	0%	10	50%	14	100%	4	12.113	90
94	3.848	104	2.247	99	30	10	0%	63	6%	5	71%	8	100%	4	6.571	107
95	3.675	101	0	127	13	62	0%	63	0%	10	33%	39	100%	4	4.953	113
96	2.520	59	4.319	73	13	62	45%	6	0%	10	2%	88	55%	115	8.961	100
97	2.730	69	52.323	1	13	62	24%	25	0%	10	0%	89	76%	89	27.557	22
98	2.961	76	5.920	57	13	62	32%	17	0%	10	0%	89	68%	98	12.713	89
99	3.069	79	9.599	14	13	62	24%	25	0%	10	0%	89	76%	89	20.211	52
100	3.086	83	707	119	13	62	11%	46	0%	10	0%	89	89%	64	36.581	10
101	3.695	102	936	112	13	62	0%	63	0%	10	0%	89	50%	116	50.743	4
102	4.073	107	909	114	13	62	8%	50	0%	10	0%	89	92%	59	6.930	106
103	2.661	66	4.746	71	13	54	24%	27	0%	10	14%	69	76%	88	13.753	83
104	3.078	81	7.314	40	13	54	38%	9	0%	10	0%	89	63%	105	4.075	114
105	3.000	77	8.074	32	13	54	34%	15	0%	10	5%	85	66%	102	2.801	116
106	3.568	96	8.729	26	13	54	16%	36	0%	10	0%	89	72%	94	21.376	48
107	3.588	97	7.793	36	13	54	32%	16	0%	10	0%	89	68%	99	11.783	93
108	3.075	80	6.028	54	13	54	31%	20	0%	10	0%	89	58%	113	8.321	101
109	3.639	99	9.059	22	13	54	13%	41	0%	10	0%	89	78%	83	40.133	8
110	4.068	106	0	127	13	54	0%	63	16%	4	29%	46	27%	122	52.844	2
111	3.410	92	1.150	106	16	32	0%	63	0%	10	9%	76	73%	93	45.622	6
112	4.772	119	0	127	16	32	0%	63	0%	10	0%	89	17%	124	20.047	55
113	5.704	123	1.450	104	15	41	0%	63	0%	10	100%	4	0%	126	332	126
114	5.814	124	2.968	91	15	41	0%	63	0%	10	91%	7	18%	123	2.562	117
115	3.361	90	13.132	5	15	41	0%	63	0%	10	42%	31	100%	4	26.900	27
116	3.267	88	676	121	11	70	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	13.159	87

117	4.185	111	13.656	3	15	41	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	18.836	61
118	4.846	120	8.620	27	59	2	0%	63	0%	10	43%	29	71%	95	18.236	65
119	5.308	121	9.034	23	15	41	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	17.331	71
120	5.556	122	700	120	15	41	0%	63	0%	10	50%	14	100%	4	2.452	119
121	12.280	129	1.300	105	15	41	0%	63	0%	10	0%	89	0%	126	947	123
122	6.956	127	3.000	89	20	13	0%	63	0%	10	100%	4	0%	126	570	125
123	6.793	126	26.541	2	14	48	0%	63	0%	10	20%	59	60%	110	5.312	110
124	6.483	125	13.105	6	20	13	-	1	-	1	-	1	-	1	0	127
125	4.696	117	845	117	14	48	0%	63	0%	10	0%	89	0%	126	5.906	108
126	4.367	113	973	111	14	48	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	31.252	16
127	4.371	114	6.548	47	14	48	0%	63	0%	10	50%	14	100%	4	7.227	104
128	7.338	128	11.604	11	78	1	0%	63	0%	10	33%	39	7%	125	22.320	44
129	4.709	118	250	126	14	48	0%	63	0%	10	0%	89	100%	4	27.789	20

Antes de evaluar los resultados sobre un mapa similar al mostrado en la figura (3-5), es necesario recordar que las ubicaciones de los puntos señalados son aproximadas, debido a que no se dispone de la referencia geográfica de las zonas. El proceso de identificación se ha basado en un ajuste de escala, buscando un encuadre de las localizaciones con el mapa disponible a partir del C.P. de las zonas.

Para poder estudiar lo acertado del método se estudiarán los 5 primeros y 5 últimos clasificados, lo que se repetirá en todos los casos analizados a lo largo de esta memoria.

5.2.1 Dificultad de reparto por cercanía al centro urbano

La proximidad al centro geográfico de la ciudad suele implicar una mayor actividad comercial y laboral en la zona, así como una mayor afluencia de turistas, aspecto muy relevante en el estudio de una ciudad como Sevilla. Si bien esta proximidad no suele manifestarse en una mayor concentración de población, ya que los precios de la vivienda suelen ser más elevados y no aptos para todos los ciudadanos.

Además, estas áreas son zonas de mayor antigüedad que la periferia, por lo que las calles no suelen estar tan preparadas para el tránsito y estacionamiento de vehículos como en las áreas de nuevo desarrollo.

Todo ello lleva a que el reparto en estas zonas se vea altamente influenciado por los mencionados factores, amén de la ausencia de grandes centros logísticos por el elevado precio del suelo.

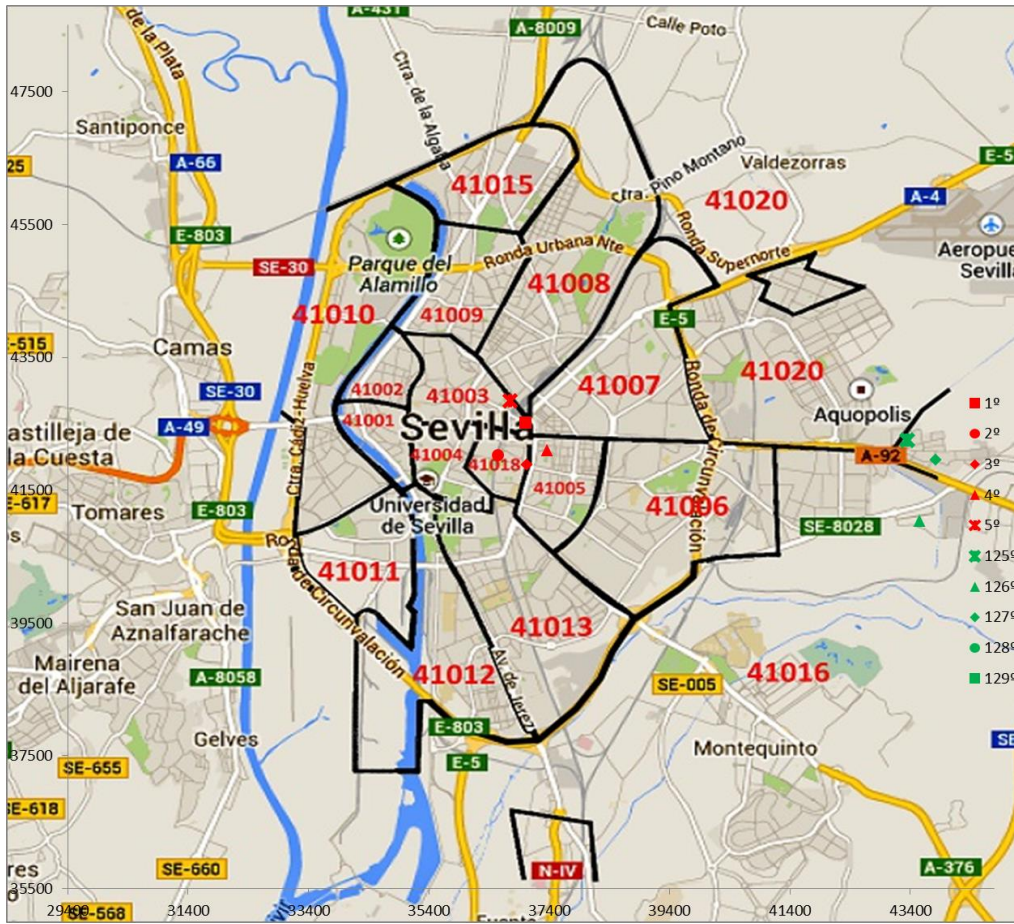


Figura 5-1. Zonas más (rojo) y menos (verde) próximas al centro urbano.

Tabla 5-2. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor cercanía al centro urbano.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	46	37.006,8	42.521,5	41007
2	55	36.550,4	42.027,9	41018
3	58	37.030	41.880,6	41018
4	57	37.370,7	42.105,2	41018
5	45	36.745,9	42.842,5	41007
125	124	43.357,6	42.251,7	41017
126	123	43.555,1	41.040,3	41016
127	122	43.823	41.950	41017
128	128	37.811,7	34.994,2	41014
129	121	48.779,9	45.281,7	41020

El centro urbano geográfico se encuentra en la zona de Nervión. Como se observa en la tabla (5-2), los puntos más conflictivos pertenecen a los C.P. 41007 y 41018. Comprobando en la tabla (3-1), estos C.P. corresponden a San Pablo-Santa Clara y San Bernardo-La Buhaira, todas zonas colindantes al barrio de Nervión, centro geográfico de la capital sevillana. Si se quiere afinar un poco más en estos puntos conflictivos, las zonas afectadas están localizadas concretamente en Santa Justa-Huerta de Santa Teresa y Eduardo Dato-La Buhaira.

En el extremo inverso, las zonas más alejadas corresponden al barrio de Torreblanca-Polígono Industrial La Chaparrilla en su mayoría. Los elementos 128° (Bellavista) y 129° (Torrepalma) no aparecen siquiera en el mapa de la imagen, al encontrarse fuera del área urbana encuadrada en el plano.

5.2.2 Dificultad de reparto por tamaño de población

La población es un factor importante en las actividades de reparto, ya que una mayor población implica generalmente una mayor demanda de productos, así como un mayor tránsito de vehículos privados que contribuyen activamente a la congestión de las vías de circulación.

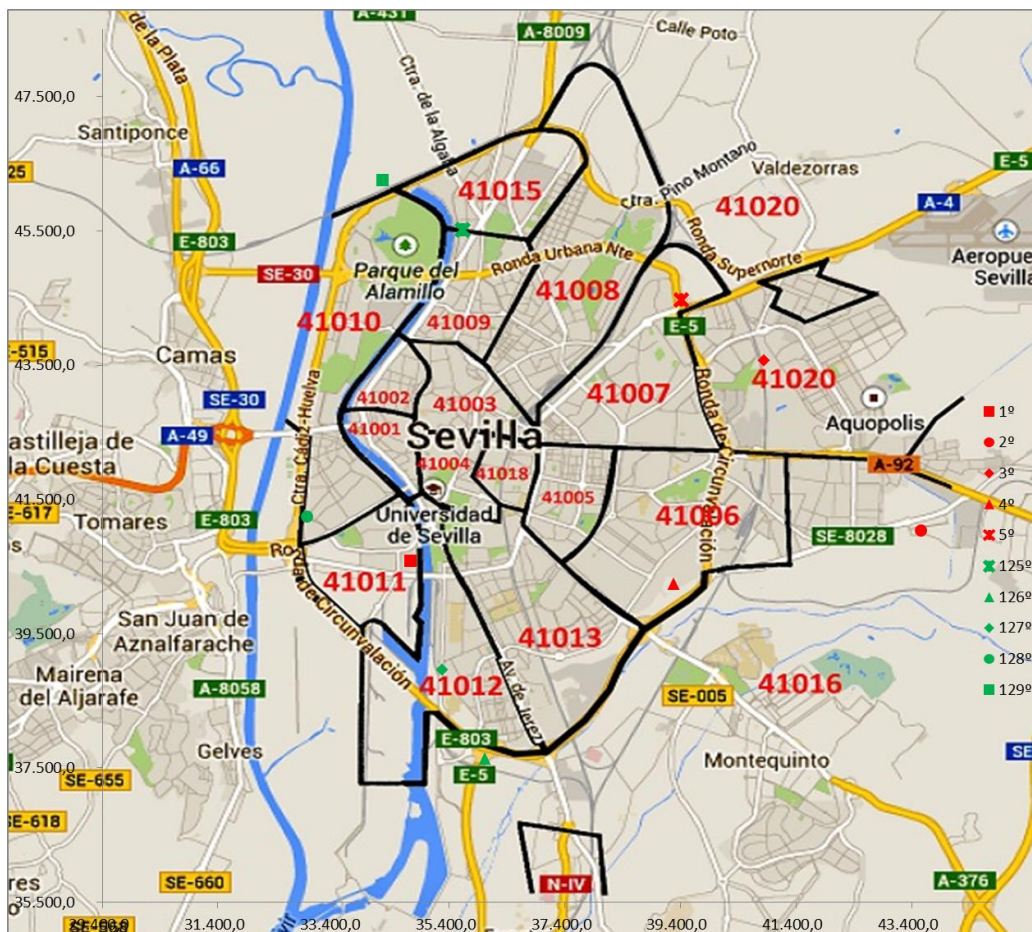


Figura 5-2. Zonas con más (rojo) y menos (verde) población.

Tabla 5-3. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor población.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	97	34.732,5	40.580,3	41011
2	123	43.555,1	41.040,3	41016
3	117	40.855,1	43.565,6	41020
4	73	39.289,4	40.246,8	41006
5	115	39.414,3	44.473,0	41020
125	18	35.631,3	45.509,8	41009
126	129	36.017,9	37.641,9	41016
127	95	35.281,4	38.960,4	41011
128	110	32.937,0	41.249,0	41010
129	112	34.253,0	46.259,0	41092

Como puede comprobarse en la figura (5-2), existe una gran dispersión de los focos de población, concentrándose ésta más en zonas periféricas: Los Remedios, Torreblanca, Sevilla Este, etc. Como se introdujo en el punto (5.2.1.), los barrios residenciales de la periferia, de desarrollo más reciente, tienen precios mucho más económicos para el alquiler o adquisición de una vivienda, por lo que se han construido grandes bloques de pisos, al contrario de la zona histórica que no cuenta con demasiados edificios de estas características.

Conforme salimos de este “extrarradio”, la población cae, localizándose las zonas menos pobladas en los alrededores que hacen de interfaz de la ciudad con su corona metropolitana. Destaca la zona del Parque del Alamillo o la Isla de La Cartuja (zonas no habitables debido a la ausencia de viviendas), la zona del comienzo de la Avda. de La Raza y la unión de Sevilla a Bellavista.

En este punto es preciso destacar un hecho similar al comentado en el apartado (3.2) con respecto a las zonas: hay barrios con un mayor número de nodos/zonas considerados, de modo que los barrios con menos puntos identificados tenderán a “acumular” mayor población en sus zonas, y viceversa.

5.2.3 Dificultad de reparto por volumen de repartos diarios de mercancías

Este documento trata sobre la DUM, por lo que este factor es fundamental en el estudio. Si bien la influencia de un elevado volumen de repartos puede mitigarse con el uso de vehículos de mayor tamaño, ésta no es la tónica habitual, ya que los camiones tienen dificultades físicas para acceder a muchas zonas de la ciudad, además de contar con prohibiciones del Ayuntamiento.

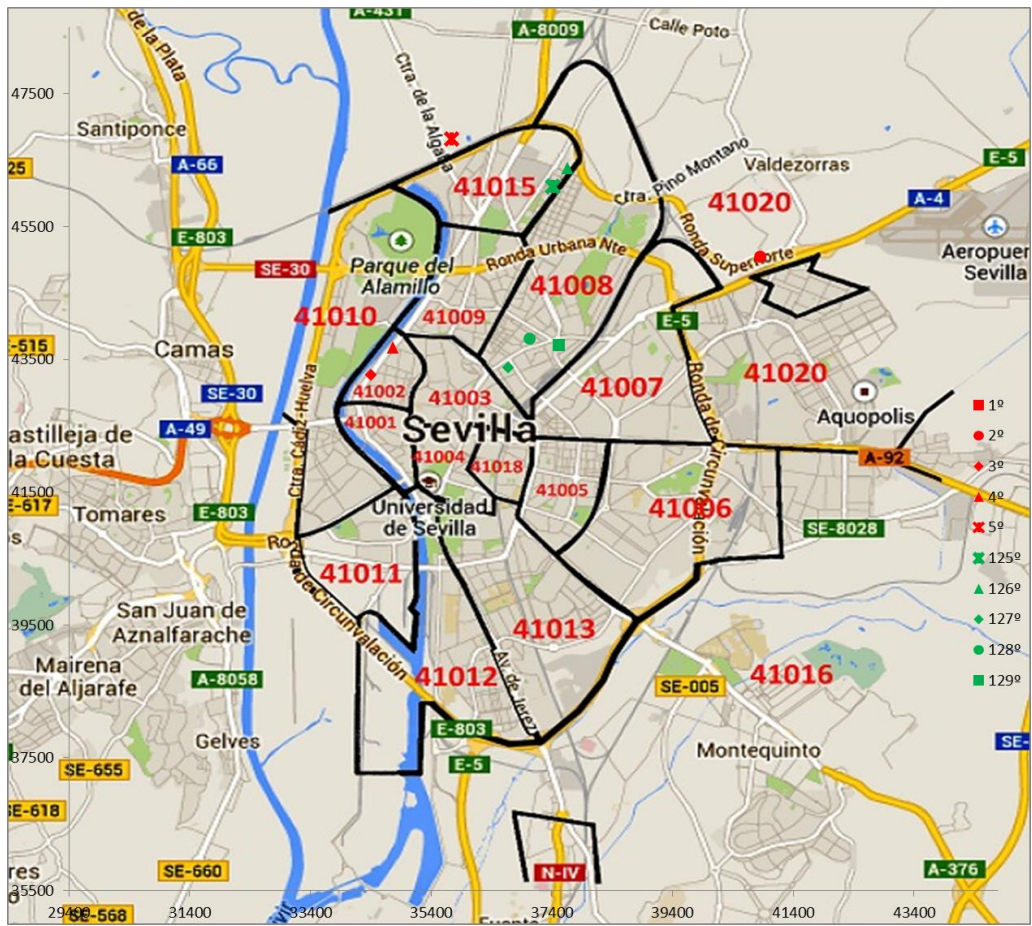


Figura 5-3. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) volumen diario de repartos.

Tabla 5-4. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor volumen diario de repartos.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	128	37.811,7	34.994,2	41014
2	118	40.850,0	45.044,0	41019
3	9	34.412,9	43.267,1	41002
4	10	34.765,7	43.676,1	41002
5	20	35.739,8	46.822,8	41015
125	38	37.428,9	46.100,1	41008
126	39	37.665,6	46.378,3	41008
127	42	36.687,8	43.367,9	41008
128	43	37.028,2	43.808,9	41008
129	44	37.511,9	43.711,4	41008

Atendiendo a este criterio, destaca la concentración en la zona próxima al río, a la altura de la Avda. Torneo. Como zona histórica de la ciudad, es muy elevado el número de locales comerciales de la zona, ya que el área está muy influenciada por el turismo. Áreas de San Jerónimo y del Parque Alcosa, que cuenta con una importante zona comercial, también se muestran entre las que más repartos tienen, si bien todos estos resultados deben tenerse en cuarentena por el factor que se explicó

en el punto (4): un C.P. con muchas zonas presentará un número de repartos diarios por zona menor que un C.P. con pocas zonas, independientemente de que el volumen real pueda ser bastante mayor.

En el extremo opuesto, todas las zonas pertenecen al C.P. 41008. La Avda. de la Ingeniería en el Parque Empresarial Nuevo Torneo (San Jerónimo), y las inmediaciones de la Carretera de Carmona son las menos afectadas por el número de repartos. El primer área es una zona de edificios empresariales, con pocos establecimientos comerciales que requieran repartos. El segundo área no destaca por un bajo número de repartos, pero está afectado notoriamente por el gran número de zonas pertenecientes al código postal 41008, que hacen que la media de repartos por zona quede con una cifra bastante baja en comparación al resto. Aún así las inmediaciones de la Ctra. de Carmona no registran muchos repartos debido a que la mayoría de comercios se concentran en esta arteria sevillana, quedando las zonas colindantes menos transitadas.

5.2.4 Dificultad de reparto por porcentaje de calles peatonales

La tendencia a la peatonalización ha sido la nota dominante en la adaptación de los entornos céntricos durante la última década. En la actualidad sigue esa tendencia, y en este sentido quiere desarrollarse próximamente la peatonalización de la zona de Basilica de La Macarena.

Este hecho afecta sobremanera a la DUM, ya que se impide el acceso de vehículos de reparto, exceptuando ciertas horas de la madrugada en las que no existe impacto sobre la numerosa población que transita la zona diariamente.

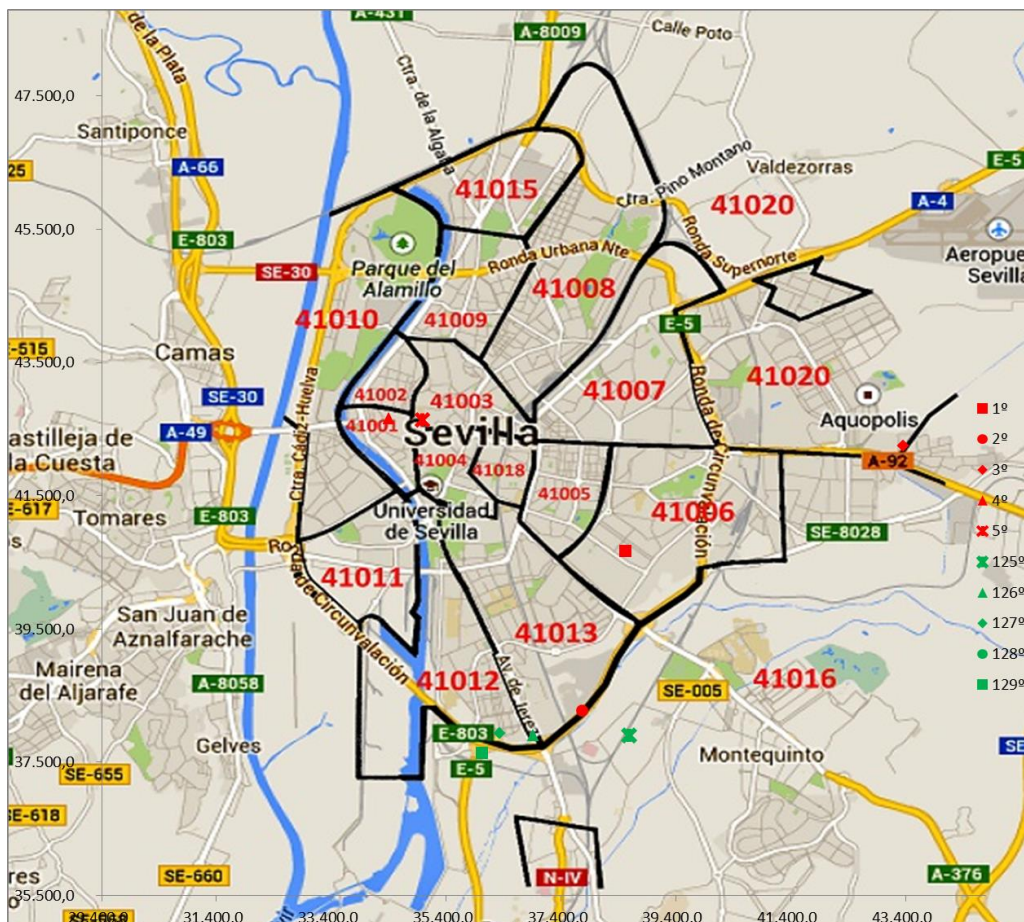


Figura 5-4. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) % de calles peatonales.

Tabla 5–5. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor % de calles peatonales.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	66	38.524,8	40.669,1	41006
2	90	37.770,2	38.270,2	41013
3	124	43.357,6	42.251,7	41017
4	2	34.406,5	42.660,5	41001
5	3	34.991,3	42.636,2	41004
125	125	38.587,4	37.899,3	41016
126	126	36.913,4	37.905,4	41016
127	127	36.330,2	37.935,5	41016
128	128	37.811,7	34.994,2	41014
129	129	36.017,9	37.641,9	41016

El resultado de este experimento está adulterado debido a la problemática comentada en apartados anteriores de zonas sin arcos asignados (teniendo en cuenta que no se contabilizan los arcos que conectan centroides de zona con nodos normales). Esto implica que las 3 primeras zonas, que a priori están en zonas periféricas donde no tendría mucho sentido la existencia de calles peatonales, están clasificadas así debido a esta ausencia de arcos, resultando una indeterminación en el cálculo que las sitúa en el primer lugar del ránking. Sin embargo se percibe un resultado mucho más lógico en los puestos 4º y 5º, en el que se observan dos zonas pertenecientes al centro histórico de la ciudad. Este es un resultado más que esperado según lo expuesto al inicio de este apartado.

En el extremo opuesto no tiene sentido analizar los resultados del plano, ya que hay 67 zonas con un 0% de calles peatonales. Generalmente todas ellas se concentran en zonas residenciales y periféricas de la capital, lo que muestra que la peatonalización ha sido una tendencia exclusivamente de zonas eminentemente turísticas.

5.2.5 Dificultad de reparto por porcentaje de calles unidireccionales de un solo carril

Es evidente que la situación y estado de las calzadas ejerce una influencia más que notable en las tareas de reparto de mercancías. Por ejemplo, siguiendo el caso tratado en este apartado, la existencia de calles de un solo carril limita sobremanera la parada o estacionamiento del vehículo, ya que éste impediría el paso del resto de vehículos por la calzada. Este hecho se acentúa cuando la calle se trata de sentido único, ya que una misma calzada sirve para “abastecer” establecimientos de ambos lados de la calle.

En conclusión, puede definirse como el tipo de calzada transitable por vehículos (se excluirían en este punto las calles peatonales) más perjudicial para la DUM.

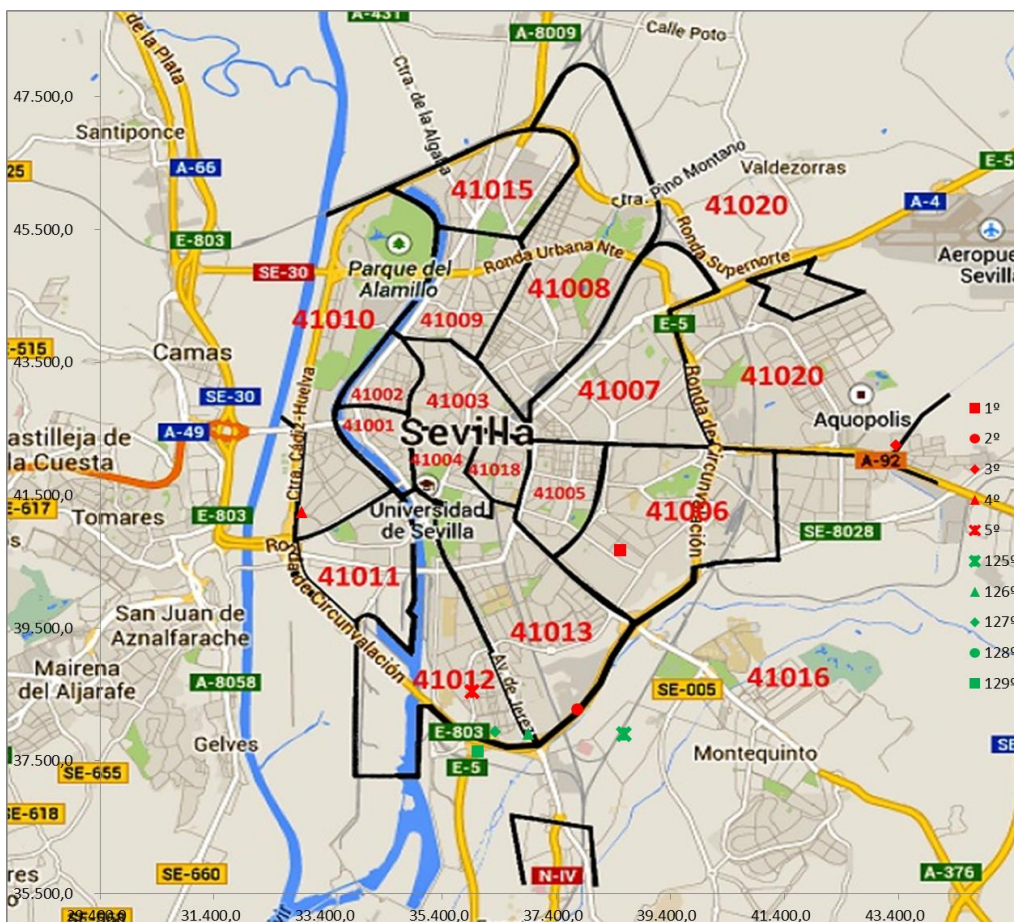


Figura 5-5. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) % de calles de un carril en un solo sentido.

Tabla 5-6. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor % de calles de un carril en un solo sentido.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	66	38.524,8	40.669,1	41006
2	90	37.770,2	38.270,2	41013
3	124	43.357,6	42.251,7	41017
4	110	32.937,0	41.249,0	41010
5	94	35.918,7	38.544,6	41012
125	125	38.587,4	37.899,3	41016
126	126	36.913,4	37.905,4	41016
127	127	36.330,2	37.935,5	41016
128	128	37.811,7	34.994,2	41014
129	129	36.017,9	37.641,9	41016

De nuevo vuelve a ocurrir lo mismo que con las calles peatonales: los 3 primeros puestos los ocupan zonas sin arcos válidos asignados. Los 2 siguientes se encuadran en la ronda de circunvalación a la altura de Triana, barriadas de bloques de pisos separados por calles unidireccionales y de un solo carril en la zona del Tardón; y en el barrio de Heliópolis, siendo una zona residencial de casas con calles relativamente estrechas y unidireccionales.

Centrando la atención en las áreas con menor % de calles de un carril unidireccionales se obtienen

resultados similares a los de la anterior comparativa, con lo que la explicación dada anteriormente valdría en este caso: 120 zonas tienen un 0% de calles de este tipo. Esto es un claro indicativo de que ésta no es la configuración habitual del trazado urbano de Sevilla.

5.2.6 Dificultad de reparto por porcentaje de calles de un carril por sentido

En este tipo de calles existe una diferencia notable con respecto a la anterior: los vehículos de reparto transitarán generalmente por el carril más próximo al establecimiento que quieren abastecer. Por ello no dificultan (idealmente) el tránsito por toda la calzada, sino sólo en el sentido recorrido.

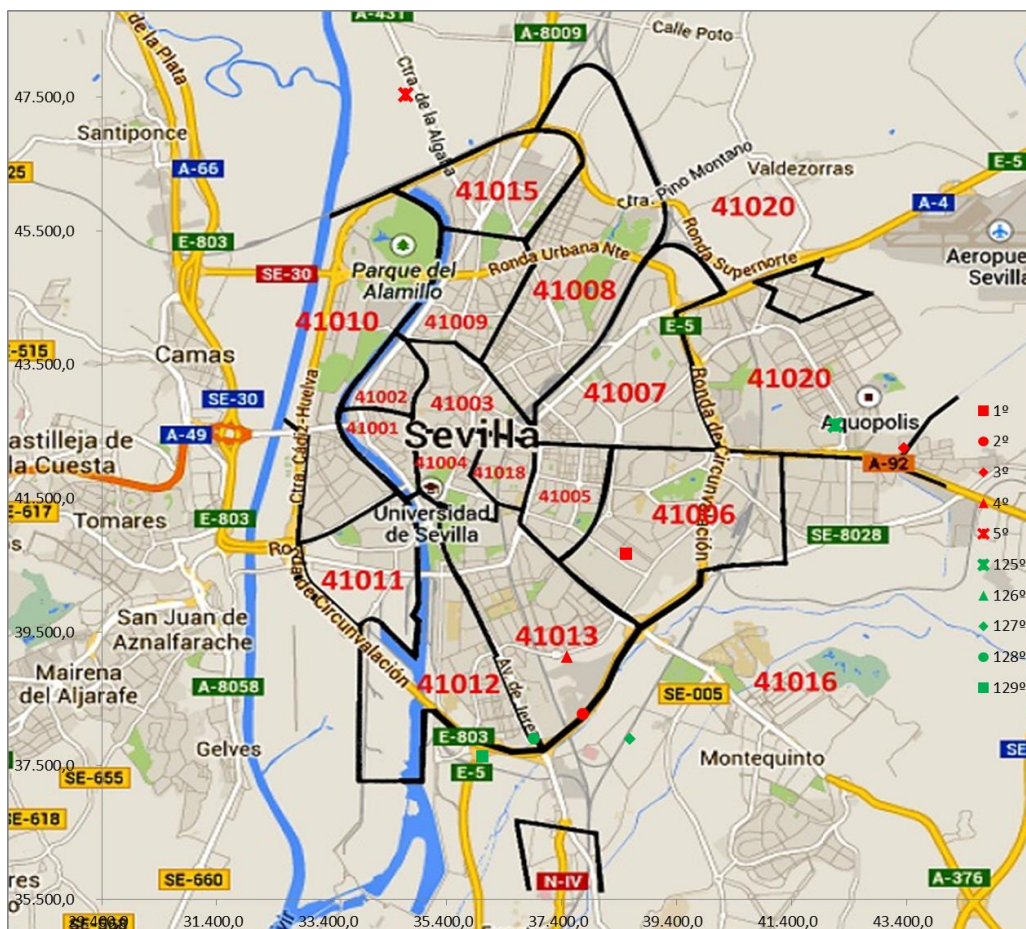


Figura 5-6. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) % de calles de un carril por sentido.

Tabla 5–7. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor % de calles de un carril por sentido.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	66	38.524,8	40.669,1	41006
2	90	37.770,2	38.270,2	41013
3	124	43.357,6	42.251,7	41017
4	88	37.503,1	39.129,5	41013
5	113	34.690,2	47.541,3	41020
125	119	42.173,6	42.583,9	41020
126	121	48.779,9	45.281,7	41020
127	125	38.587,4	37.899,3	41016
128	126	36.913,4	37.905,4	41016
129	129	36.017,9	37.641,9	41016

Analizando las zonas 4ª y 5ª, aparece la Ctra. de Su Eminencia en el entorno de las 3000 Viviendas y la Ctra. de La Algaba. La primera es una calle de un carril en doble sentido, al igual que ocurre en esa zona colindante de las 3000 Viviendas. Por su parte, la carretera de La Algaba no dispone de muchos arcos, al ser una conexión de la ciudad de Sevilla con La Algaba, y todos los existentes se enmarcan dentro de esta categoría.

Por su parte, hay 41 zonas con un 0% de vías de este tipo, por los que las representadas en el plano sólo son algunas de ellas. Se observa por tanto una mayor tendencia de este tipo de calles en la ciudad, más apropiadas para la DUM que los casos anteriores.

5.2.7 Dificultad de reparto por existencia de transporte público

Este hecho se medirá mediante el % de calles recorridas por transporte público, contemplándose sólo el tránsito de autobuses.

La ciudad de Sevilla, ante el poco desarrollo de la red de metro, está altamente influenciada por este tipo de transporte público, siendo usado por miles de personas a lo largo del día, por lo que se trata de una componente fundamental para entender el tráfico en la ciudad.

Las paradas de autobús generalmente causan congestión en vías poco anchas (1 o 2 carriles por sentido), ya que bloquean uno de los carriles provocando cambios de carril en el resto de vehículos o simplemente impidiendo el paso hasta que se reanude la marcha. Este hecho, además del de la dificultad de avance del propio autobús, ha sido mitigado en los últimos años con la creación de un carril bus en gran parte de la ciudad, de modo que se estaría eliminando gran parte de la influencia sobre el resto del tráfico.

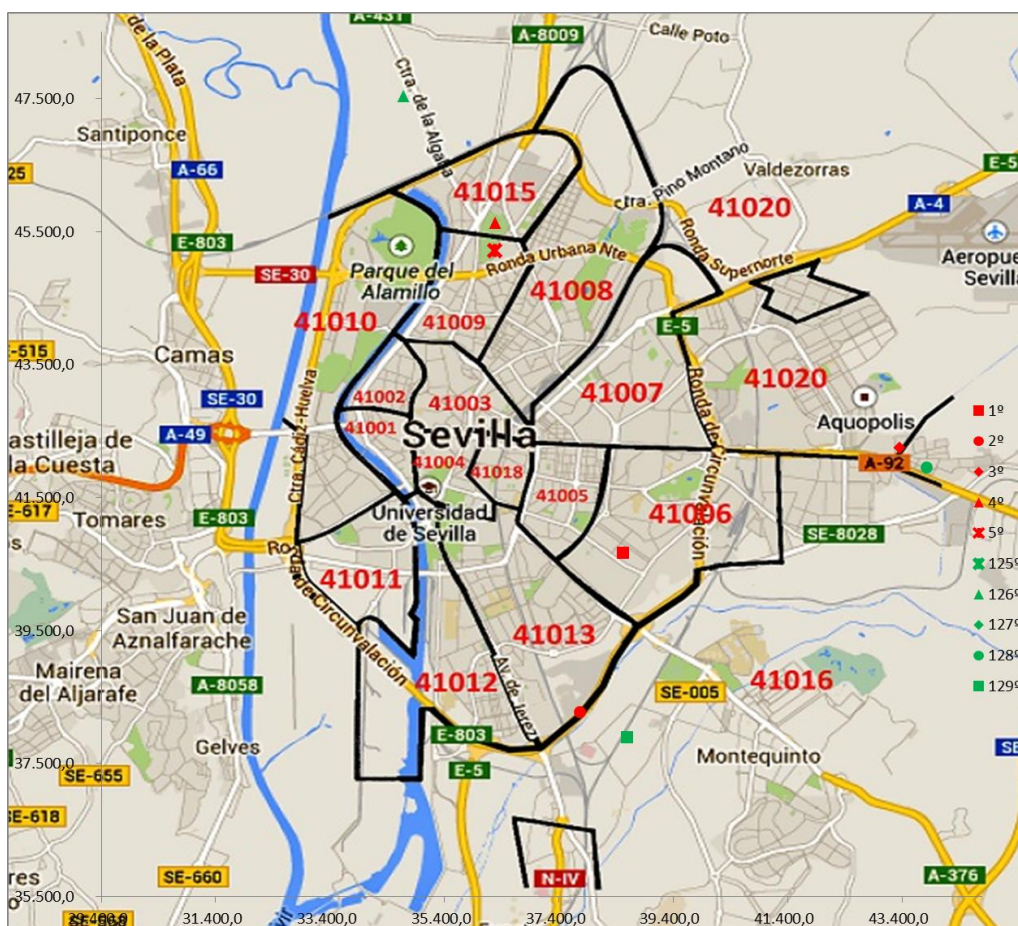


Figura 5-7. Dificultad de reparto por % de calles de calles con transporte público.

Tabla 5-8. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor % de calles con transporte público.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	66	38.524,8	40.669,1	41006
2	90	37.770,2	38.270,2	41013
3	124	43.357,6	42.251,7	41017
4	21	36.293,6	45.629,7	41009
5	30	36.276,1	45.213,1	41009
125	128	37.811,7	34.994,2	41014
126	113	34.690,2	47.541,3	41020
127	121	48.779,9	45.281,7	41020
128	122	43.823,0	41.950,0	41017
129	125	38.587,4	37.899,3	41016

En este caso hay que tener en cuenta que un área puede presentar un alto porcentaje de transporte público teniendo pocas calles pero recorridas siempre por mínimo una línea de autobús. Este hecho desvirtúa mucho los resultados y hace perder un poco la perspectiva real del transporte público.

La entrada de Torreblanca se muestra bien alimentada por este tipo de transporte, al igual que la Avda. de Hytasa y el Real Club de Pineda (pocas vías asociadas). Por último la zona de San

Tabla 5–9. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor flujo de vehículos a lo largo del día.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	92	35.531,2	39.890,4	41012
2	110	32.937,0	41.249,0	41010
3	71	39.433,6	41.671,5	41006
4	101	33.660,4	40.450,3	41011
5	43	37.028,2	43.808,9	41008
125	122	43.823,0	41.950,0	41017
126	113	34.690,2	47.541,3	41020
127	66	38.524,8	40.669,1	41006
128	90	37.770,2	38.270,2	41013
129	124	43.357,6	42.251,7	41017

De acuerdo a los resultados, la Avda. de la Raza se muestra como el lugar con más tráfico diario de Sevilla. La proximidad del Puente de las Delicias y el acceso desde la SE-30 hacen que esta vía sea un cruce fundamental en la conexión de Los Remedios con el resto de la ciudad. La Ctra. Cádiz-Huelva, como vía de salida hacia el Aljarafe, también presenta un volumen importante de tráfico. En tercer lugar se encuentra el Parque Amate, también próximo a la SE-30 y zona de acceso a barrios más céntricos desde la circunvalación. En el 5º puesto la Ctra. de Carmona presenta un flujo importante de vehículos a lo largo del día, siendo considerada como una de las “arterias” de la ciudad.

En el otro extremo se encuentran las zonas de entrada a Torreblanca, las inmediaciones del Real Club de Pineda (próximo a las 3000 Viviendas), la Avda. de Hytasa y la Ctra. de La Algaba, todas ellas con una baja afluencia de tráfico.

5.3 Ránking según clasificaciones ponderadas

Las anteriores clasificaciones individuales serán el punto de partida de unas nuevas clasificaciones obtenidas con los métodos descritos en el punto (5-1) para varios casos: unas clasificaciones globales que aportan una visión de conjunto de la DUM, y otras según la criticidad de cada criterio consideradas por el tutor y el autor del texto.

Entrando ya en el sistema de clasificación por clasificaciones ponderadas, se usarán los resultados mostrados en la tabla (5-1) aplicando la fórmula (5-1).

En los siguientes subapartados se describe el procedimiento y los resultados obtenidos.

5.3.1 Clasificación global

Pueden existir muchas apreciaciones diferentes sobre la importancia de cada uno de los criterios tratados en este texto, lo que remarca el carácter subjetivo de estas clasificaciones. Todas son igualmente válidas de cara a establecer una mayor o menor dificultad de reparto en una zona determinada, de modo que se ha optado por establecer una primera clasificación global que contemple todas las permutaciones posibles de pesos ($8!=40.320$ combinaciones del 1 al 8).

Para conseguirlo se ha seguido un proceso de generación de todas las combinaciones posibles de pesos de 1 (más crítico) a 8 (menos crítico), y se han asignado por orden a los siguientes criterios:

- P1) Distancia centroide-centro Sevilla
- P2) Población
- P3) N° repartos diarios de mercancías
- P4) % calles peatonales
- P5) % Calles de un carril en un solo sentido
- P6) % Calles de un carril por sentido
- P7) % Calles con transporte público
- P8) Flujo promedio de vehículos

Tabla 5–10. Secuencia de generación de pesos.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
2	1	2	3	4	5	6	7	8
3	1	2	3	4	5	6	8	7
4	1	2	3	4	5	7	6	8
5	1	2	3	4	5	7	8	6
6	1	2	3	4	5	8	6	7
7	1	2	3	4	5	8	7	6
8	1	2	3	4	6	5	7	8
9	1	2	3	4	6	5	8	7
10	1	2	3	4	6	7	5	8
11	1	2	3	4	6	7	8	5
12	1	2	3	4	6	8	5	7
13	1	2	3	4	6	8	7	5
14	1	2	3	4	7	5	6	8
15	1	2	3	4	7	5	8	6
16	1	2	3	4	7	6	5	8
17	1	2	3	4	7	6	8	5
18	1	2	3	4	7	8	5	6
19	1	2	3	4	7	8	6	5
20	1	2	3	4	8	5	6	7
21	1	2	3	4	8	5	7	6
22	1	2	3	4	8	6	5	7

De acuerdo a lo expuesto, se multiplicará la clasificación de cada zona para cada uno de los criterios individuales por el peso correspondiente al criterio.

En el siguiente ejemplo aclaratorio se muestra el tipo de operación que se realizaría para cada combinación de ponderaciones en cada zona. Se expondrán los cálculos para la ponderación tipo 1 y la ponderación tipo 2, y habría que continuar con la secuencia hasta la ponderación 40.320. Al final del proceso se realiza una suma de las 40.320 puntuaciones obtenidas y ese será el valor de zona que se usará a la hora de establecer el ránking.

Ejemplo 5-1. (Datos obtenidos de la tabla 5-1)

Zona 1, combinación 1: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

$$V = 1 * 68 + 2 * 84 + 3 * 7 + 4 * 13 + 5 * 9 + 6 * 89 + 7 * 104 + 8 * 36 = 1.904$$

Zona 1, combinación 2: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 7

$$V = 1 * 68 + 2 * 84 + 3 * 7 + 4 * 13 + 5 * 9 + 6 * 89 + 8 * 104 + 7 * 36 = 1.972$$

...

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de las zonas obtenida con el mencionado método, y posteriormente su representación sobre el mapa como se hizo en apartados anteriores.

Tabla 5–11. Clasificación global de zonas para clasificaciones ponderadas.

CLASIFICACIÓN GLOBAL	ZONA	VALOR
1	59	44634240
2	115	49170240
3	49	49533120
4	46	49896000
5	124	49896000
6	50	52073280
7	62	53161920
8	52	53706240
9	41	54250560
10	72	54976320
11	56	55157760
12	55	55702080
13	57	56609280
14	68	57153600
15	70	57335040
16	48	58060800
17	67	58242240
18	66	58423680
19	30	59330880
20	60	59875200
21	61	60782400
22	93	61871040
23	63	62415360
24	54	62959680
25	58	63322560
26	40	64048320
27	31	64955520
28	43	65136960
29	82	65499840
30	10	66407040
31	80	66407040
32	64	66588480
33	73	66588480
34	97	66588480
35	27	67132800
36	92	67314240
37	71	67495680
38	14	67677120
39	69	68947200
40	117	69310080
41	65	70398720
42	86	70943040
43	34	71124480
44	87	71124480
45	94	72576000
46	13	72757440
47	83	73301760
48	127	73301760
49	109	73664640
50	53	74027520
51	88	74027520
52	8	74208960
53	1	74390400
54	118	74571840
55	89	74934720
56	45	75479040
57	5	76204800
58	99	76204800
59	15	76386240
60	128	76386240
61	119	76567680
62	77	76749120
63	85	76930560
64	6	77112000
65	7	77112000
66	11	77656320

67	20	77656320
68	74	77837760
69	51	78382080
70	9	78926400
71	12	79107840
72	38	79470720
73	29	79652160
74	84	80196480
75	21	80922240
76	24	80922240
77	81	80922240
78	26	81103680
79	17	81829440
80	42	82192320
81	44	82192320
82	106	82192320
83	3	82373760
84	126	82373760
85	90	84006720
86	47	84188160
87	4	84913920

88	103	84913920
89	25	86184000
90	28	86365440
91	23	86546880
92	111	86728320
93	129	86728320
94	100	87635520
95	75	87998400
96	76	88361280
97	78	88361280
98	16	89087040
99	105	89087040
100	120	89449920
101	39	89631360
102	107	89631360
103	36	89812800
104	2	90175680
105	98	90357120
106	22	91082880
107	104	91082880
108	32	92171520

109	33	92534400
110	96	93078720
111	95	94167360
112	91	94348800
113	108	94530240
114	18	94893120
115	19	94893120
116	110	95074560
117	123	95800320
118	37	96526080
119	116	96526080
120	122	101062080
121	101	101243520
122	114	104509440
123	35	105960960
124	102	108319680
125	113	108319680
126	112	112311360
127	79	112492800
128	125	123016320
129	121	124467840

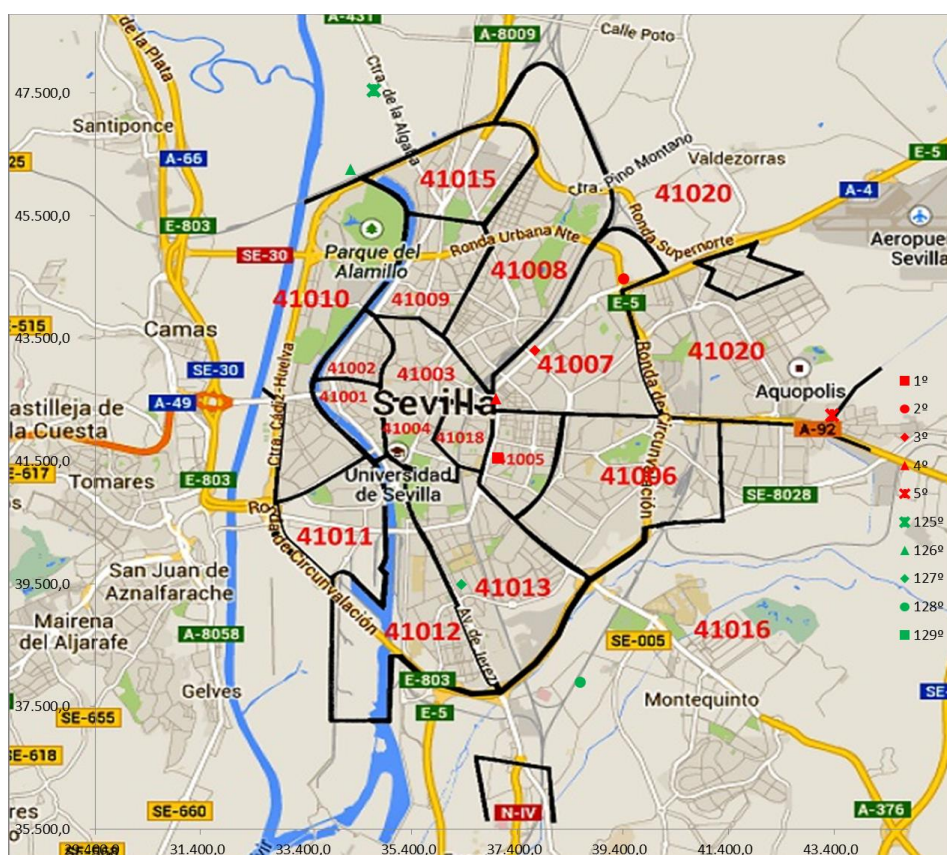


Figura 5-9. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad global de reparto con clasificaciones ponderadas.

Tabla 5–12. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor dificultad de reparto global con clasificaciones ponderadas.

Clasificación	Zona	Xi	Yi	C.P.
1	59	37.024,4	41.555,0	41018
2	115	39.414,3	44.473,0	41020
3	49	37.745,3	43.298,4	41007
4	46	37.006,8	42.521,5	41007
5	124	43.357,6	42.251,7	41017
125	113	34.690,2	47.541,3	41020
126	112	34.253,0	46.259,0	41092
127	79	36.354,8	39.485,7	41013
128	125	38.587,4	37.899,3	41016
129	121	48.779,9	45.281,7	41020

Como se expuso en la introducción de este apartado, estos resultados no priman ningún criterio sobre el resto, ya que se consideran todas las permutaciones de ponderaciones. Si buscamos patrones geográficos que influyan en el comportamiento de la zona, se observa como las zonas más accesibles al reparto (121, 125, 79, 112 y 113, por orden) se concentran a las afueras de la ciudad, mientras que las menos accesibles (59, 115, 49, 46 y 124) se adentran más en la ciudad.

El barrio de Heliópolis, la entrada desde La Algaba...son zonas muy periféricas a las que se llega directamente desde uno de los contados accesos de la ciudad. Esto unido a la baja población de dichas zonas hace que el tráfico en dichas áreas sea principalmente de tránsito, por lo que el número de repartos es relativamente bajo y el estacionamiento de vehículos es bastante accesible. Este hecho explica el establecimiento de los grandes centros logísticos en los polígonos a las afueras de la ciudad, ya que es más barato establecer la base y dirigir los repartos desde zonas más accesibles.

En el extremo opuesto llama bastante la atención la Avda. de Kansas City, con 3 de los 5 puntos más conflictivos. Esta vía es una de las grandes arterias de la ciudad, por lo que tiene un tráfico elevado durante prácticamente todo el día. Así mismo, es una zona con grandes bloques de viviendas, lo que lleva a grandes concentraciones de población. Las vías en esta zona y en la otra gran afectada, la barriada de Nervión, no cuentan con muchos estacionamientos, lo que sumado a la ausencia de garajes privados en los bloques de la zona de San Pablo, hacen que estacionar para repartir sea una tarea harto complicada para las empresas. Sin embargo si existen calles relativamente anchas y de doble sentido, lo que dirige a una conclusión clara: la tipología de la vía no es tan relevante en este tipo de clasificación.

5.3.2 Clasificación según criterio de experto

Para realizar esta clasificación, el tutor de este TFM ha aportado la ordenación de los criterios que a su juicio refleja la mayor/menor importancia relativa de unos frente a otros. Esta asignación queda reflejada en la siguiente tabla:

Tabla 5–13. Ponderación según experto.

Criterio	Peso
Distancia centroide-centro Sevilla	1
Población	7
Nº repartos diarios de mercancías	5
% calles peatonales	2
% Calles de un carril en un solo sentido	3
% Calles de un carril por sentido	4
% Calles con transporte público	6
Flujo promedio de vehículos	8

Como puede observarse en la tabla, se marca la cercanía al centro de geográfico como el factor más crítico para el reparto. En segundo lugar se muestra la importancia de las características de las vías, aspecto fundamental en los repartos. Por último se realiza una valoración más destinada a factores que contribuyen activamente a la congestión de las calles, como son el número de repartos, la existencia de transporte público, la población y el flujo medio de vehículos.

Esta ponderación concreta devuelve los resultados que se describen a continuación:

Tabla 5–14. Clasificación de zonas según criterio de experto para clasificaciones ponderadas.

CLASIFICACIÓN EXPERTO	ZONA	VALOR			
1	115	850	19	93	1.486
2	30	1.205	20	67	1.512
3	72	1.222	21	92	1.518
4	52	1.241	22	97	1.532
5	124	1.263	23	109	1.553
6	49	1.267	24	71	1.565
7	73	1.285	25	63	1.591
8	46	1.296	26	119	1.591
9	59	1.311	27	55	1.593
10	70	1.326	28	43	1.595
11	50	1.351	29	128	1.624
12	117	1.361	30	74	1.665
13	62	1.370	31	118	1.681
14	80	1.382	32	48	1.682
15	68	1.430	33	54	1.686
16	56	1.433	34	61	1.688
17	31	1.453	35	57	1.695
18	41	1.472	36	15	1.711
			37	87	1.727
			38	86	1.736
			39	127	1.751
			40	20	1.762
			41	10	1.778
			42	64	1.785
			43	126	1.794
			44	40	1.801
			45	83	1.810
			46	60	1.812
			47	65	1.847
			48	89	1.854
			49	27	1.864
			50	99	1.873
			51	66	1.884
			52	34	1.892
			53	88	1.893
			54	82	1.899
			55	94	1.900
			56	38	1.910
			57	129	1.936
			58	106	1.954
			59	14	1.968
			60	21	1.986
			61	77	1.991
			62	39	2.000

63	69	2.003
64	1	2.012
65	8	2.035
66	58	2.045
67	111	2.060
68	29	2.088
69	85	2.113
70	13	2.122
71	84	2.157
72	81	2.165
73	100	2.168
74	28	2.190
75	45	2.202
76	36	2.217
77	32	2.220
78	33	2.225
79	53	2.233
80	91	2.247
81	6	2.253
82	9	2.264
83	44	2.269
84	78	2.269
85	51	2.275

86	17	2.277
87	37	2.277
88	18	2.284
89	5	2.306
90	75	2.310
91	123	2.312
92	26	2.316
93	7	2.327
94	110	2.335
95	120	2.355
96	22	2.366
97	107	2.375
98	103	2.385
99	11	2.393
100	42	2.414
101	101	2.436
102	24	2.458
103	19	2.469
104	23	2.481
105	98	2.505
106	90	2.507
107	105	2.511
108	116	2.517

109	47	2.518
110	95	2.540
111	12	2.548
112	25	2.553
113	76	2.559
114	104	2.577
115	108	2.640
116	16	2.664
117	3	2.689
118	4	2.695
119	122	2.743
120	96	2.764
121	2	2.808
122	114	2.824
123	112	2.864
124	102	2.903
125	35	2.905
126	113	2.992
127	79	3.080
128	125	3.308
129	121	3.321

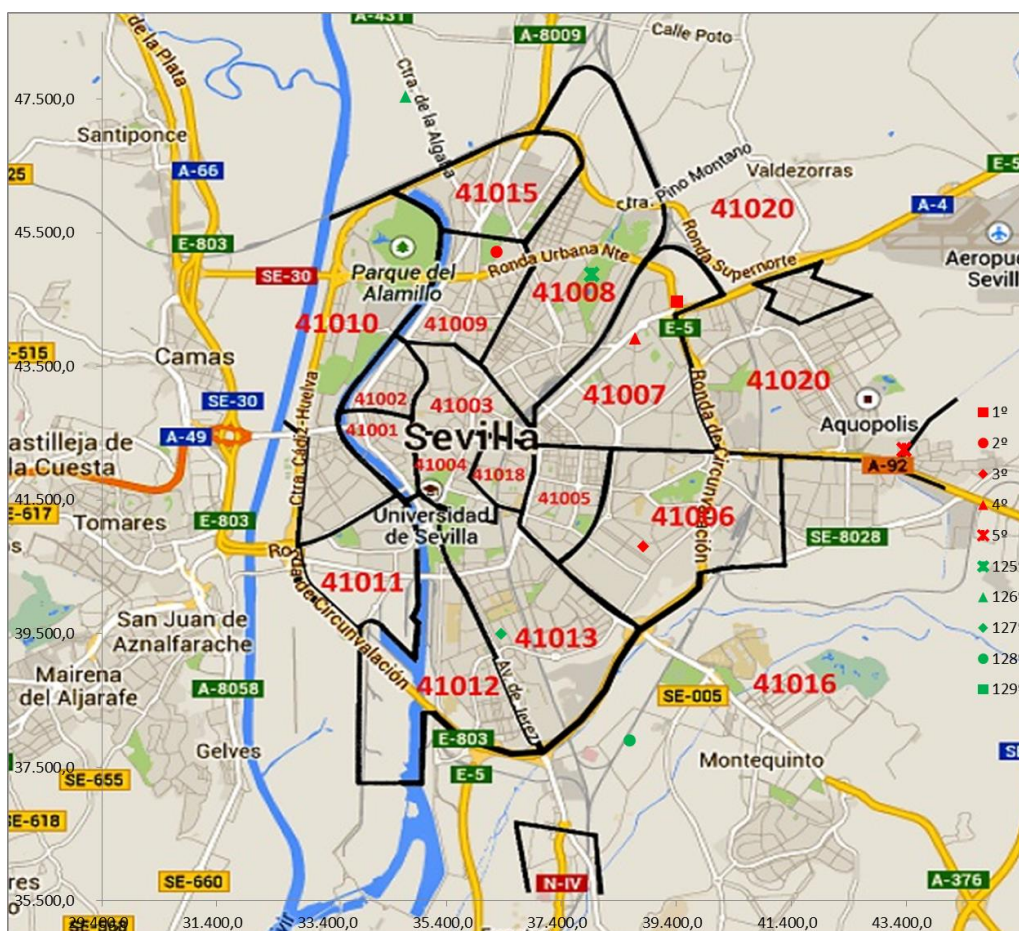


Figura 5-10. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad de reparto según ponderación de experto con clasificaciones ponderadas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, resalta como las zonas con reparto más complejo “salen” hacia la periferia respecto al resultado global. Esto choca con la elección del tutor, que primó la proximidad al centro geográfico (Nervión) sobre el resto de criterios, con una clara predilección por las características de las vías frente al resto de factores. Es interesante comprobar como zonas próximas a barrios con áreas marginales como Torreblanca (5º), Rochelambert (3º) y el poblado chabolista de El Vacie (2º), en San Jerónimo, están entre las zonas menos accesibles. La ausencia de un trazado regular hace que estas zonas destaquen sobre el resto, a pesar de no encontrarse próximas al centro urbano.

En el extremo opuesto se ve un claro efecto del factor cercanía al centro geográfico. De hecho, la zona 121 (129º) ni siquiera aparece en el mapa, lo que remarca aún más este efecto. El resto de zonas se encuentran en la periferia, estando la más próxima al centro en las inmediaciones de la Avda. de La Palmera.

5.3.3 Clasificación según criterio de autor

Para terminar con los análisis basados en clasificación previa, se establece una nueva asignación de pesos, esta vez a juicio del autor de este texto.

Tabla 5–15. Ponderación según autor.

Criterio	Peso
Distancia centroide-centro Sevilla	7
Población	8
Nº repartos diarios de mercancías	6
% calles peatonales	1
% Calles de un carril en un solo sentido	2
% Calles de un carril por sentido	3
% Calles con transporte público	5
Flujo promedio de vehículos	4

Esta ponderación se asemeja a la anterior, priorizando sobre el resto las características para la circulación de las vías, pero con la particularidad de que la distancia al centro geográfico no se establece como un valor crítico para la viabilidad del reparto de mercancías. De hecho, es el segundo factor menos valorado, sólo por delante de la población de la zona.

Tabla 5–16. Clasificación de zonas según criterio de autor para clasificaciones ponderadas.

CLASIFICACIÓN AUTOR	ZONA	VALOR						
1	59	1.041	21	63	1.584	45	13	1.938
2	46	1.158	22	73	1.620	46	45	1.946
3	56	1.201	23	31	1.634	47	88	1.949
4	115	1.220	24	60	1.652	48	86	1.962
5	48	1.255	25	117	1.661	49	109	1.968
6	50	1.267	26	93	1.670	50	53	1.972
7	41	1.294	27	43	1.680	51	118	1.973
8	49	1.304	28	82	1.699	52	128	1.991
9	62	1.313	29	97	1.708	53	5	1.995
10	55	1.325	30	40	1.714	54	99	2.002
11	72	1.355	31	58	1.717	55	71	2.006
12	70	1.396	32	83	1.767	56	8	2.021
13	68	1.407	33	64	1.772	57	15	2.021
14	67	1.449	34	69	1.815	58	127	2.023
15	57	1.460	35	66	1.818	59	89	2.040
16	30	1.481	36	92	1.834	60	85	2.049
17	61	1.494	37	14	1.840	61	11	2.087
18	52	1.515	38	10	1.849	62	9	2.117
19	124	1.520	39	80	1.861	63	51	2.119
20	54	1.562	40	34	1.868	64	94	2.125
			41	27	1.877	65	77	2.128
			42	65	1.880	66	6	2.131
			43	87	1.926	67	1	2.152
			44	119	1.931	68	74	2.158

69	42	2.174
70	38	2.176
71	84	2.182
72	20	2.184
73	106	2.189
74	7	2.190
75	29	2.190
76	28	2.202
77	47	2.220
78	44	2.224
79	76	2.237
80	12	2.246
81	81	2.260
82	26	2.280
83	23	2.296
84	32	2.306
85	4	2.310
86	21	2.333
87	3	2.341
88	103	2.380
89	105	2.383

90	17	2.387
91	126	2.401
92	24	2.416
93	25	2.418
94	39	2.433
95	123	2.436
96	78	2.444
97	107	2.461
98	111	2.484
99	104	2.488
100	98	2.510
101	75	2.511
102	33	2.544
103	2	2.554
104	129	2.572
105	108	2.592
106	100	2.598
107	96	2.634
108	36	2.640
109	120	2.681

110	91	2.697
111	16	2.704
112	22	2.705
113	116	2.722
114	19	2.730
115	95	2.767
116	18	2.800
117	37	2.830
118	90	2.867
119	122	2.904
120	110	2.909
121	101	2.928
122	35	2.952
123	114	3.029
124	102	3.089
125	79	3.117
126	113	3.168
127	112	3.231
128	125	3.455
129	121	3.461

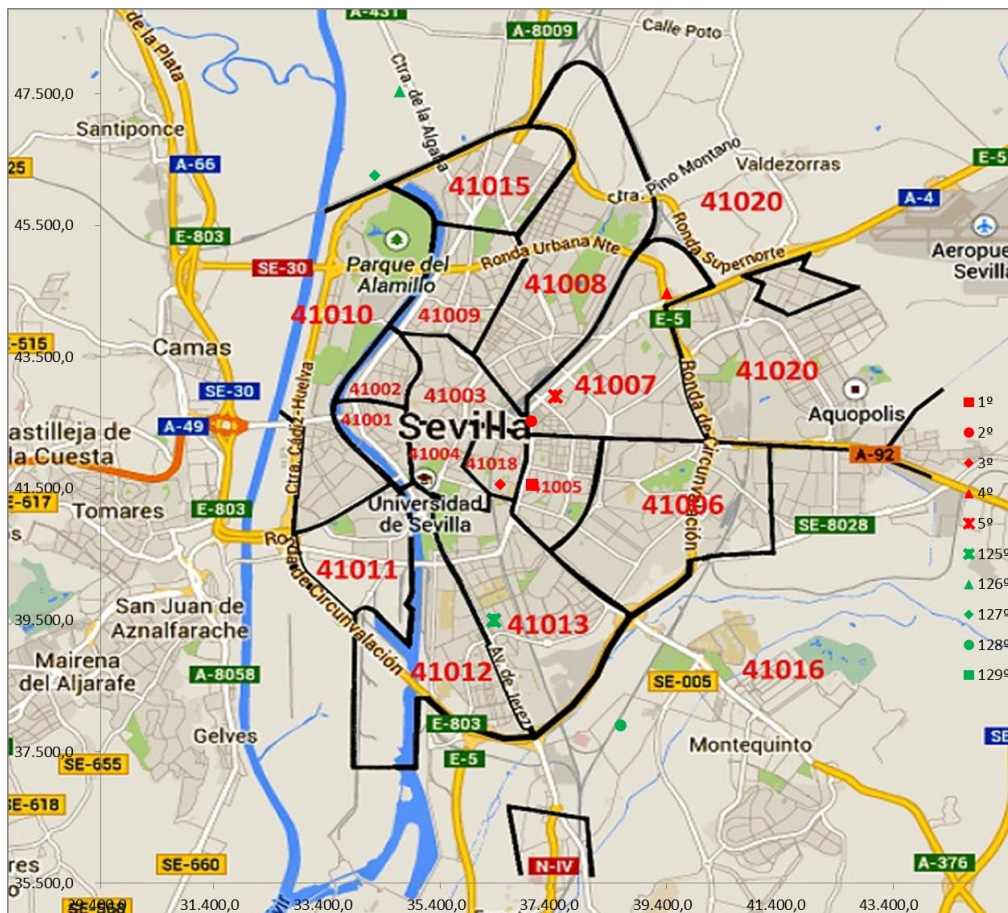


Figura 5-11. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad de reparto según ponderación de autor con clasificaciones ponderadas.

Con esta valoración la conclusión es evidente: una priorización de las características del trazado de la ciudad frente al resto de criterios lleva a una gran concentración de zonas con alta dificultad de reparto en la zona centro de la ciudad, mientras que las zonas más accesibles se dispersan por los extremos del área urbana, donde las calles son más anchas y generalmente se cuenta con doble sentido. Este hecho muestra la alta correlación entre la proximidad al centro con las peores características para la circulación de vehículos.

Las zonas con menos dificultad para el reparto se concentran en la periferia, coincidiendo varias de ellas con las obtenidas en los experimentos anteriores.

5.4 Ránking según valores ponderados

En este tipo de análisis se realiza una ponderación entre 0 y 100 (en forma de porcentaje) del valor de las variables respecto al valor máximo registrado.

Para ello se sigue considerando que la zona con menor puntuación es la menos favorable para el reparto, de modo que un valor 0 es muy perjudicial y un valor 100 muy beneficioso. Debido a este hecho, todos los atributos ponderados, excepto la distancia al centro (menos distancia a dicho punto indica reparto más complejo), se restan al 100%. Sirva el siguiente ejemplo como demostración.

Ejemplo 5-2.

- La zona 1 está a 200m del centro urbano, la zona 2 a 500m y la zona 3 a 300m.

- La zona 1 es transitada por 150 vehículos diarios, la zona 2 es transitada por 50 y la zona 3 por 300.

Valor máximo distancia: 500m

Valor máximo vehículos/día: 300

Ponderación de distancias:

-Zona 1: $100 \cdot 200 / 500 = 40$

-Zona 2: $100 \cdot 500 / 500 = 100$

-Zona 3: $100 \cdot 300 / 500 = 60$

Ponderación de vehículos/día:

-Zona 1: $100 - (100 \cdot 150 / 300) = 50$

-Zona 2: $100 - (100 \cdot 50 / 300) = 83,3$

-Zona 3: $100 - (100 \cdot 300 / 300) = 0$

Como se observa en el ejemplo, el valor más favorable de los 3 presenta el mayor valor una vez ponderado, y viceversa.

A priori, este método de clasificación debe ser más real que el anterior, que discretizaba los valores del 1 al 129, de forma que los incrementos entre una zona y otra consecutiva eran constantes e iguales a 1. Sin embargo, en este método existe un espacio continuo entre 0 y 100, que aporta diferencias más ajustadas, y por tanto más exactas a la hora de realizar las clasificaciones.

5.4.1 Clasificación global

Al igual que se hizo con las clasificaciones ponderadas, se expone inicialmente una clasificación general obtenida a partir de todas las combinaciones posibles de pesos, aplicadas a los valores de 0 a 100 que corresponden a cada atributo para cada zona.

Tabla 5–17. Clasificación global de zonas para valores ponderados.

CLASIFICACIÓN GLOBAL	ZONA	VALOR
1	66	53.450.216
2	124	54.825.491
3	90	58.617.830
4	97	83.134.881
5	92	86.071.370
6	52	87.132.031
7	71	87.158.020
8	59	87.530.976
9	43	87.637.824
10	50	88.891.509
11	49	89.193.225
12	115	89.615.107
13	10	89.847.606
14	88	90.178.443
15	67	90.473.179
16	94	90.839.640
17	118	91.017.770
18	68	91.280.535
19	72	91.374.136
20	60	91.520.356
21	46	91.820.327
22	57	92.019.039
23	93	92.183.805
24	27	92.206.131
25	41	92.518.010
26	58	92.680.448
27	70	93.110.291
28	34	93.486.273
29	31	93.604.695
30	55	93.930.395
31	69	94.124.854
32	87	94.174.885
33	80	94.269.619
34	30	94.283.769
35	62	94.366.061
36	40	94.780.409
37	64	94.827.388
38	24	95.069.667
39	63	95.072.876
40	56	95.118.375
41	1	95.163.552
42	81	95.458.394
43	9	95.759.010
44	54	95.918.968
45	65	96.130.609
46	86	96.147.281
47	82	96.219.281
48	17	96.262.745
49	48	96.348.305
50	14	96.600.710
51	61	96.718.991
52	77	97.005.480
53	109	97.024.291
54	15	97.187.447
55	20	97.215.121
56	89	97.452.340
57	22	97.720.357
58	7	97.957.814
59	73	98.068.421
60	29	98.160.356
61	16	98.201.005
62	127	98.361.754
63	45	98.401.734
64	75	98.402.142
65	38	98.553.872
66	111	98.616.068
67	100	98.709.971
68	8	98.822.068
69	44	99.069.841
70	74	99.161.007
71	21	99.364.774
72	12	99.835.071
73	53	99.874.157
74	110	100.268.115
75	26	100.320.586
76	84	100.339.594
77	13	100.359.778
78	18	100.624.580
79	117	100.758.752
80	99	100.771.946
81	51	100.797.287
82	42	100.946.911
83	19	101.044.601
84	25	101.066.028
85	28	101.080.042
86	103	101.112.137
87	5	101.220.313
88	128	101.375.429
89	36	101.455.977
90	2	101.527.710
91	83	101.601.195

92	3	101.607.651
93	11	101.618.315
94	126	101.773.627
95	85	101.867.186
96	6	102.599.216
97	39	102.722.778
98	120	103.378.696
99	106	103.433.233
100	129	103.623.306
101	95	103.766.616
102	78	104.016.907
103	47	104.059.772

104	4	104.070.142
105	101	104.129.378
106	37	104.164.200
107	98	104.256.270
108	33	104.302.403
109	119	104.495.772
110	107	104.640.509
111	96	104.958.883
112	91	104.966.789
113	23	105.209.007
114	76	105.391.374
115	105	105.555.524
116	104	106.487.654

117	116	106.642.892
118	108	107.680.819
119	32	107.774.627
120	123	108.313.573
121	102	109.463.633
122	35	110.043.968
123	114	110.361.265
124	79	111.043.378
125	113	113.079.792
126	122	113.280.203
127	112	120.925.107
128	125	128.453.629
129	121	140.797.299

Como puede verse en la tabla (5-17), las 3 primeras zonas corresponden a aquellas que no disponían de arcos asociados, de modo que este método de ponderación resalta esas zonas respecto al resto, al asignarles un 0 (reparto muy complejo) a todos los atributos relacionados con las características de las vías de circulación. Para emitir un juicio más fundamentado, se analizará la figura (5-12).

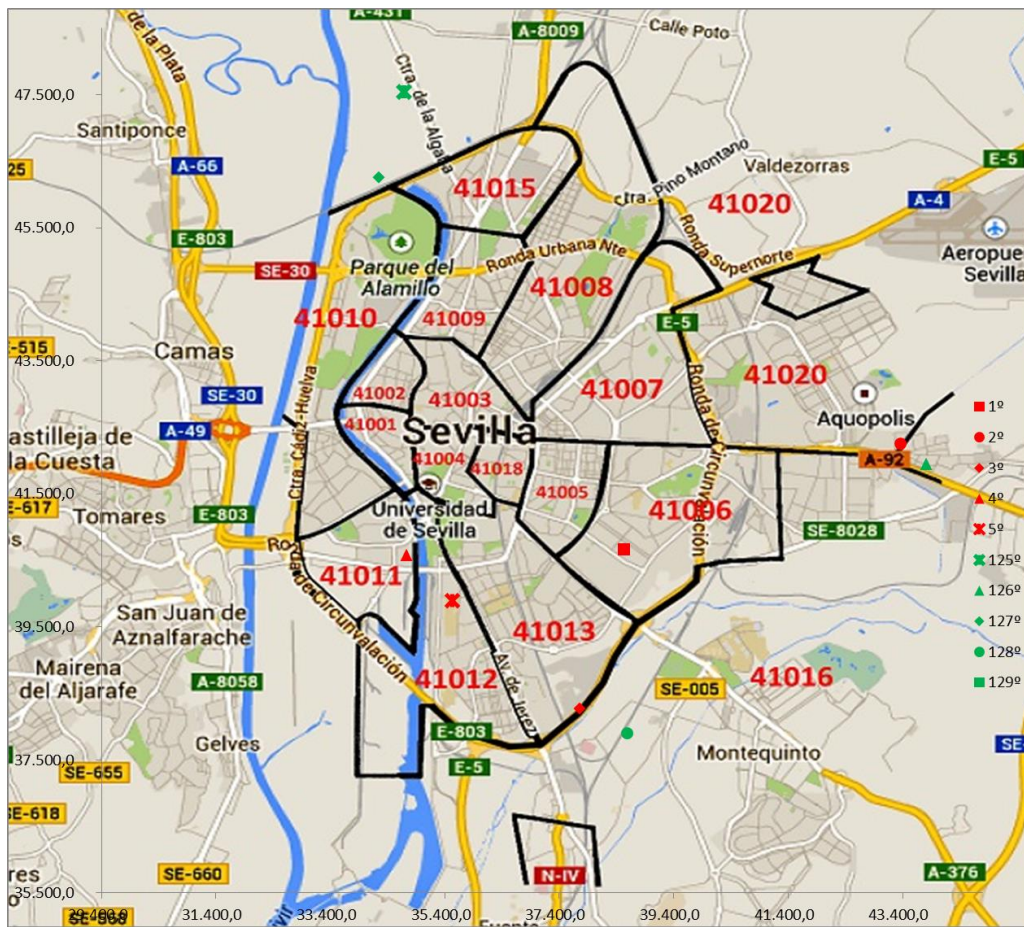


Figura 5-12. Zonas con mayor/menor dificultad de reparto global con valores ponderados.

Existe un claro efecto de descentralización: las zonas con reparto más accesible se encuentran en las afueras de la ciudad, incluso fuera del área urbana como tal, como son la conexión Sevilla-La Algaba, la mencionada área entre Sevilla y Montequinto, Torreblanca o Torrepalma.

Por su parte, las zonas con reparto más complejo se encuentran en la Avda. de Hytasa, el acceso a Torreblanca, las 3000 Viviendas, y las inmediaciones del Puente de Las Delicias (zona muy sensible al tráfico y con muchas congestiones como se explicó en puntos anteriores).

5.4.2 Clasificación según criterio de experto

En este apartado volverá a aplicarse la valoración del tutor de este proyecto, expuesta en la tabla (5-13). Como recordatorio, se considera más crítica la cercanía al centro urbano, seguida de los factores relacionados con la tipología de las vías.

Tabla 5–18. Clasificación de zonas según criterio de experto para valores ponderados.

CLASIFICACIÓN EXPERTO	ZONA	VALOR						
1	124	1.750	27	81	2.304	57	101	2.431
2	97	1.856	28	73	2.306	58	69	2.431
3	66	1.874	29	94	2.317	59	58	2.437
4	92	1.883	30	63	2.320	60	1	2.440
5	71	1.979	31	62	2.321	61	61	2.443
6	90	1.980	32	41	2.324	62	21	2.449
7	43	2.023	33	88	2.340	63	89	2.449
8	115	2.111	34	74	2.342	64	127	2.455
9	52	2.124	35	87	2.350	65	129	2.456
10	118	2.194	36	56	2.352	66	82	2.463
11	49	2.197	37	60	2.354	67	38	2.468
12	72	2.223	38	34	2.359	68	29	2.475
13	50	2.231	39	20	2.361	69	8	2.478
14	59	2.237	40	57	2.362	70	39	2.479
15	80	2.245	41	54	2.365	71	119	2.482
16	68	2.253	42	100	2.369	72	36	2.482
17	30	2.261	43	75	2.369	73	17	2.484
18	31	2.262	44	86	2.370	74	14	2.489
19	109	2.270	45	40	2.371	75	48	2.496
20	70	2.281	46	64	2.380	76	44	2.498
21	67	2.285	47	18	2.380	77	24	2.502
22	93	2.288	48	27	2.388	78	83	2.508
23	10	2.289	49	110	2.389	79	45	2.514
24	46	2.290	50	117	2.390	80	84	2.514
25	15	2.292	51	55	2.395	81	9	2.515
26	111	2.300	52	126	2.395	82	99	2.533
			53	77	2.405	83	28	2.533
			54	65	2.415	84	91	2.539
			55	128	2.420	85	37	2.540
			56	22	2.431	86	33	2.558

87	19	2.559
88	106	2.565
89	53	2.568
90	78	2.573
91	85	2.584
92	16	2.591
93	51	2.594
94	123	2.594
95	120	2.602
96	7	2.609
97	26	2.614
98	103	2.619
99	5	2.620
100	13	2.630
101	42	2.638

102	95	2.647
103	6	2.659
104	116	2.661
105	47	2.681
106	25	2.686
107	32	2.692
108	107	2.703
109	98	2.715
110	12	2.740
111	76	2.742
112	23	2.747
113	11	2.769
114	102	2.778
115	4	2.802
116	105	2.808

117	35	2.819
118	79	2.825
119	96	2.828
120	104	2.835
121	108	2.835
122	2	2.840
123	3	2.860
124	114	2.900
125	122	2.981
126	113	3.023
127	112	3.056
128	125	3.353
129	121	3.470

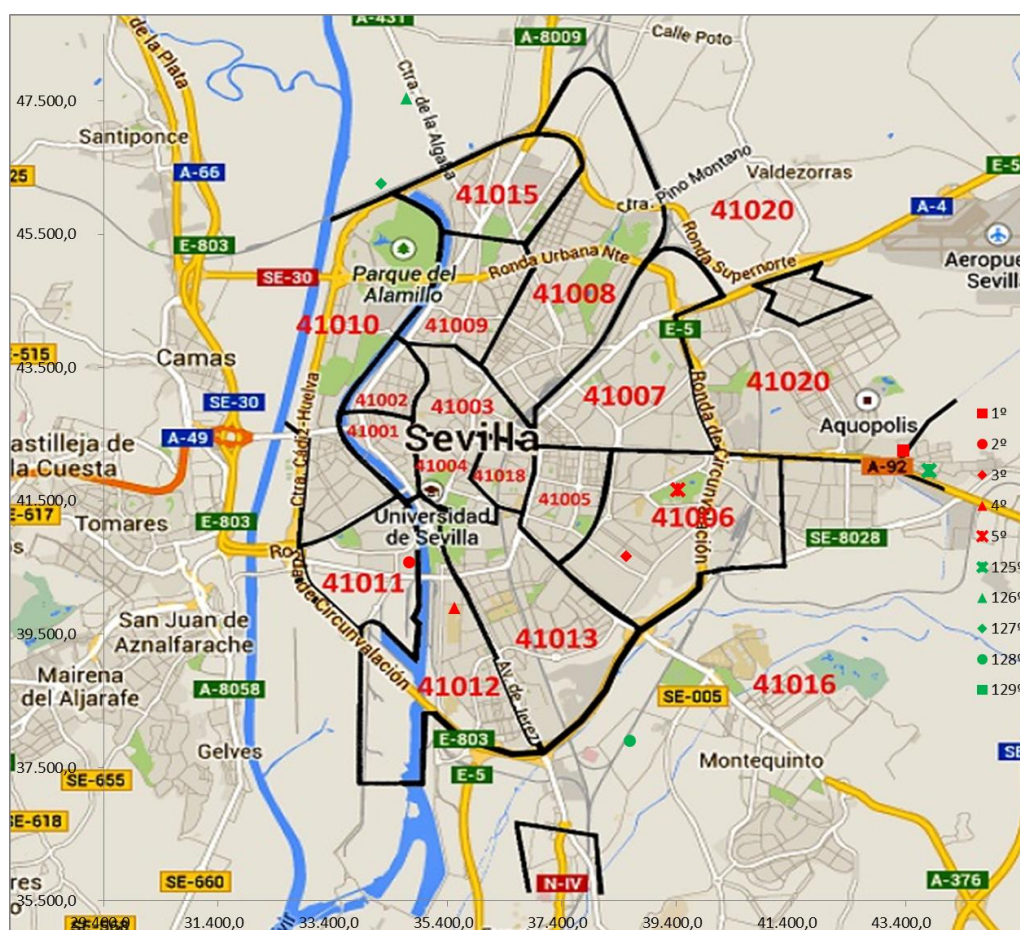


Figura 5-13. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad de reparto según ponderación de experto con valores ponderados.

De nuevo se ve la “contradicción” en el área de Torreblanca: la zona de acceso se considera de muy difícil reparto, mientras que la zona más interna es de las más favorables.

El efecto de la mayor criticidad de la cercanía al centro se comprueba comparando directamente con la figura (5-12). A pesar de lo que cabría pensar, 4 de las 5 peores zonas siguen siendo las mismas, cambiando sólo la de las 3000 Viviendas por el Parque Amate. Esto hace pensar que existen atributos “más poderosos” que otros a la hora de valorar el reparto en una zona determinada. Las zonas de reparto más favorable vuelven a ser las mismas.

5.4.3 Clasificación según criterio de autor

Para este análisis se usará la tabla (5-13), que priorizaba la topología de las vías frente al resto de criterios, dejando para los últimos lugares la cercanía al centro urbano y la población de cada zona. En la siguiente tabla pueden verse los resultados obtenidos.

Tabla 5–19. Clasificación de zonas según criterio de autor para clasificaciones ponderadas.

CLASIFICACIÓN AUTOR	ZONA	VALOR						
1	97	1.565	30	88	2.075	64	38	2.232
2	66	1.762	31	58	2.080	65	22	2.233
3	124	1.816	32	54	2.083	66	24	2.236
4	92	1.876	33	63	2.084	67	29	2.237
5	59	1.921	34	94	2.085	68	127	2.238
6	43	1.939	35	34	2.098	69	84	2.240
7	115	1.959	36	73	2.112	70	28	2.243
8	50	1.968	37	64	2.112	71	111	2.243
9	90	1.970	38	80	2.120	72	17	2.246
10	49	1.973	39	40	2.123	73	51	2.248
11	46	1.974	40	69	2.125	74	128	2.252
12	52	1.974	41	87	2.129	75	5	2.254
13	118	1.980	42	61	2.130	76	100	2.257
14	71	1.982	43	9	2.142	77	21	2.259
15	72	2.002	44	27	2.145	78	85	2.265
16	10	2.009	45	65	2.147	79	7	2.269
17	68	2.012	46	81	2.148	80	47	2.282
18	67	2.013	47	82	2.151	81	99	2.289
19	41	2.026	48	15	2.156	82	18	2.292
20	56	2.033	49	86	2.158	83	42	2.294
21	70	2.033	50	45	2.161	84	36	2.302
22	57	2.034	51	117	2.179	85	126	2.306
23	93	2.047	52	109	2.184	86	13	2.314
24	31	2.053	53	77	2.191	87	78	2.321
25	62	2.054	54	1	2.191	88	39	2.324
26	55	2.055	55	14	2.197	89	119	2.325
27	30	2.061	56	20	2.200	90	16	2.329
28	60	2.071	57	89	2.202	91	103	2.333
29	48	2.073	58	75	2.204	92	26	2.334
			59	83	2.206	93	33	2.341
			60	8	2.208	94	76	2.342
			61	44	2.214	95	106	2.343
			62	74	2.214	96	19	2.345
			63	53	2.222			

97	6	2.350
98	32	2.357
99	129	2.361
100	12	2.364
101	25	2.370
102	123	2.374
103	91	2.377
104	11	2.377
105	95	2.379
106	4	2.392
107	116	2.396

108	101	2.397
109	23	2.404
110	110	2.410
111	120	2.420
112	98	2.421
113	107	2.429
114	2	2.431
115	37	2.435
116	105	2.447
117	3	2.459
118	35	2.471

119	104	2.483
120	96	2.491
121	108	2.503
122	102	2.507
123	79	2.510
124	114	2.685
125	113	2.781
126	122	2.793
127	112	2.824
128	125	3.003
129	121	3.454

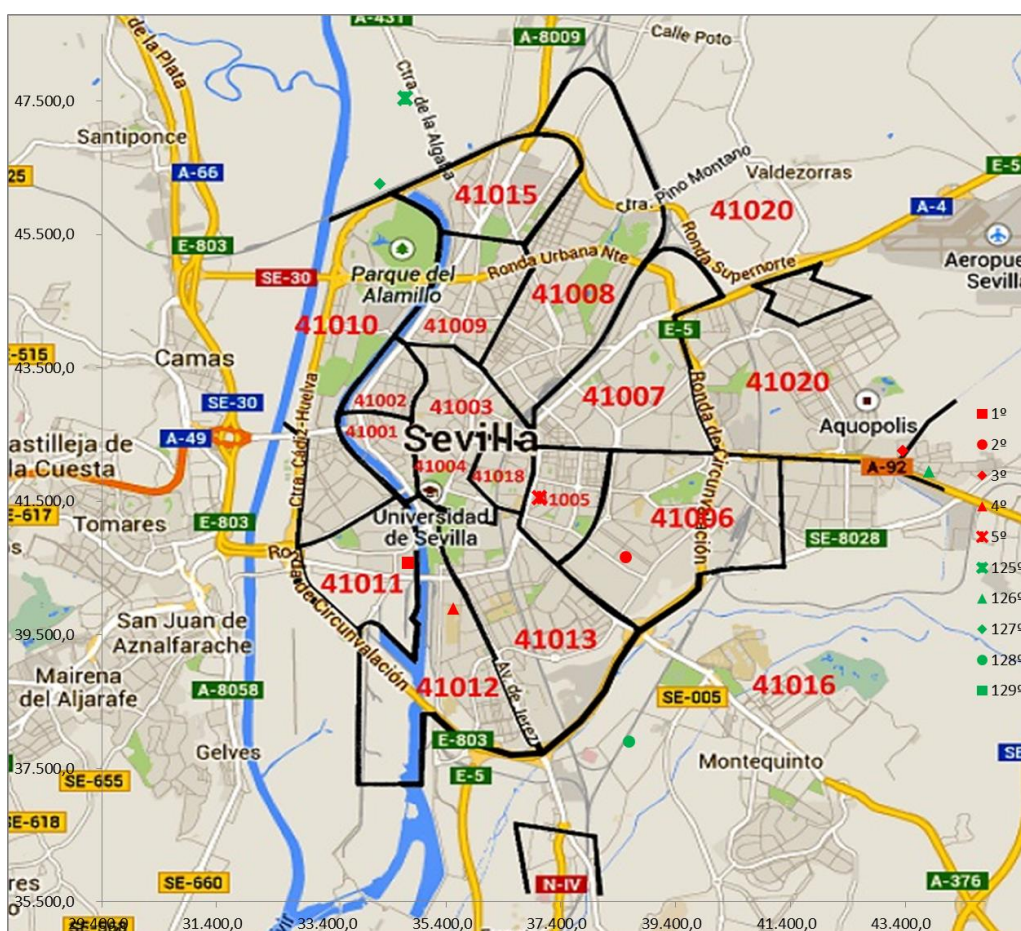


Figura 5-14. Zonas con mayor (rojo) y menor (verde) dificultad de reparto según ponderación de autor con valores ponderados.

De nuevo un efecto interesante: las zonas obtenidas con este tipo de ponderación son las mismas que en los casos anteriores, a excepción de la aparecida en la zona de Nervión. Curiosamente esta zona está casi en el centro geográfico de la ciudad. Sin embargo, la ponderación seguida no prima la cercanía al centro urbano, sino más bien todo lo contrario. Resulta curioso comprobar como la ponderación de experto proporcionaba zonas más lejanas al centro que con una ponderación que

prima la tipología de las vías fundamentalmente. Se trata de una nueva demostración de la correlación directa de la cercanía al centro urbano con la topología de las vías.

6 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Llegado este punto resulta fundamental aportar una visión compacta de las variaciones clasificatorias experimentadas por cada zona según los diferentes criterios de clasificación evaluados. En la siguiente tabla pueden observarse estas clasificaciones para cada zona, entrándose a analizar los casos más llamativos, y estableciendo unas conclusiones finales a partir de los resultados obtenidos.

Tabla 6-1. Comparativa de clasificación de zonas según diferentes criterios.

Zona	Clasificaciones individuales								Clasificación global		Clasificación según experto		Clasificación según autor	
	Distancia centroide-centro Sevilla	Población	Nº repartos diarios de mercancías	% calles peatonales	% Calles de un carril en un solo sentido	% Calles de un carril por sentido	% Calles con transporte público	Flujo promedio de vehículos	Clasificaciones ponderadas	Valores ponderados	Clasificaciones ponderadas	Valores ponderados	Clasificaciones ponderadas	Valores ponderados
1	68	84	7	13	9	89	104	36	53	41	64	60	67	54
2	58	93	7	4	10	83	121	121	104	90	121	122	103	114
3	38	88	15	5	10	56	120	122	83	92	117	123	87	117
4	20	95	34	19	10	89	96	105	87	104	118	115	85	106
5	19	96	15	39	10	89	70	82	57	87	89	99	53	75
6	28	100	15	29	10	89	113	41	64	96	81	103	66	97
7	50	82	7	9	10	71	116	80	65	58	93	96	74	79
8	40	110	15	54	10	79	56	45	52	68	65	69	56	60
9	65	56	3	14	10	89	103	95	70	43	82	81	62	43
10	61	62	3	18	10	75	97	40	30	13	41	23	38	16
11	48	39	34	8	10	59	110	120	66	93	99	113	61	104
12	35	77	34	7	10	50	112	111	71	72	111	110	80	100
13	34	50	34	12	10	89	109	63	46	77	70	100	45	86
14	22	76	34	28	10	73	87	43	38	50	59	74	37	55
15	73	49	79	59	10	89	50	12	59	54	36	25	57	48
16	60	113	79	30	10	24	84	91	98	61	116	92	111	90
17	71	70	79	34	7	32	80	78	79	48	86	73	90	72
18	94	125	79	63	6	89	58	9	114	78	88	47	116	82
19	112	74	79	63	10	13	70	102	115	83	103	87	114	96
20	116	59	5	63	10	29	116	30	67	55	40	39	72	56
21	91	92	79	63	10	45	4	62	75	71	60	62	86	77

22	115	118	5	63	10	21	100	70	106	57	96	56	112	65
23	44	42	79	22	10	89	105	86	91	113	104	112	83	109
24	31	83	114	22	10	26	91	69	76	38	102	77	92	66
25	37	48	114	9	10	71	105	81	89	84	112	106	93	101
26	53	52	79	22	10	52	105	74	78	75	92	97	82	92
27	41	15	114	21	10	23	92	54	35	24	49	48	41	44
28	72	16	114	59	10	63	50	92	90	85	74	83	76	70
29	56	34	114	32	10	63	81	49	73	60	68	68	75	67
30	78	8	79	63	10	46	4	39	19	34	2	17	16	27
31	67	7	79	56	10	51	54	34	27	29	17	18	23	24
32	100	10	114	63	10	89	4	118	108	119	77	107	84	98
33	98	67	114	63	10	81	4	73	109	108	78	86	102	93
34	47	21	114	57	10	14	52	77	43	28	52	38	40	35
35	74	115	114	63	10	89	4	115	123	122	125	117	122	118
36	82	115	114	63	10	69	4	38	103	89	76	72	108	84
37	109	68	114	63	10	35	119	14	118	106	87	85	117	115
38	105	25	114	63	10	14	4	103	72	65	56	67	70	64
39	110	20	114	63	10	56	84	37	101	97	62	70	94	88
40	11	80	34	33	10	86	86	13	26	36	44	45	30	39
41	15	37	34	50	10	52	59	42	9	25	18	32	7	19
42	14	44	114	30	10	74	100	67	80	82	100	101	69	83
43	25	28	114	49	10	66	62	5	28	9	28	7	27	6
44	27	72	114	63	10	46	70	51	81	69	83	76	78	61
45	5	81	70	63	10	58	70	59	56	63	75	79	46	50
46	1	43	70	63	10	52	4	32	4	21	8	24	2	11
47	10	122	70	63	10	89	4	96	86	103	109	105	77	80
48	9	13	70	63	10	39	4	112	16	49	32	75	5	29
49	18	61	70	63	10	21	4	26	3	11	6	11	8	10
50	33	24	70	63	10	11	4	72	6	10	11	13	6	8
51	32	103	70	63	10	52	4	98	69	81	85	93	63	73
52	55	60	70	63	10	9	4	25	8	6	4	9	18	12
53	13	109	15	41	10	89	67	64	50	73	79	89	50	63
54	8	87	25	62	10	89	47	19	24	44	33	41	20	32
55	2	45	20	35	10	82	78	35	12	30	27	51	10	26
56	7	38	20	57	10	89	52	31	11	40	16	36	3	20
57	4	75	20	46	10	46	64	47	13	22	35	40	15	22
58	3	94	20	39	10	37	70	76	25	26	66	59	31	31
59	6	31	20	50	10	14	59	56	1	8	9	14	1	5
60	17	86	25	45	10	24	66	57	20	20	46	37	24	28
61	12	53	25	37	10	89	76	33	21	51	34	61	17	42
62	16	79	25	63	10	68	4	28	7	35	13	31	9	25
63	26	78	25	61	10	78	49	17	23	39	25	30	21	33
64	36	64	89	63	10	33	4	68	32	37	42	46	33	37
65	52	58	89	63	10	33	4	79	41	45	47	54	42	45
66	51	51	89	1	1	1	1	127	18	1	51	3	35	2
67	42	19	89	63	10	10	4	84	17	15	20	21	14	18

68	21	18	89	53	10	44	57	23	14	18	15	16	13	17
69	29	33	89	41	10	26	67	85	39	31	63	58	34	40
70	49	12	89	63	10	36	4	53	15	27	10	20	12	21
71	64	98	89	63	8	43	4	3	37	7	24	5	55	14
72	54	9	89	63	10	28	4	46	10	19	3	12	11	15
73	84	4	89	63	10	89	4	24	33	59	7	28	22	36
74	93	69	89	63	10	86	4	15	68	70	30	34	68	62
75	39	123	100	63	10	84	55	11	95	64	90	43	101	58
76	30	41	100	41	10	89	67	109	96	114	113	111	79	94
77	45	66	100	48	10	62	63	29	62	52	61	53	65	53
78	62	101	100	63	10	89	4	58	97	102	84	90	96	87
79	75	107	100	63	10	89	82	94	127	124	127	118	125	123
80	87	45	100	63	10	39	4	18	31	33	14	15	39	38
81	24	97	100	55	10	76	77	7	77	42	72	27	81	46
82	23	65	25	38	10	65	75	60	29	47	54	66	28	47
83	43	29	100	63	10	89	4	66	47	91	45	78	32	59
84	46	85	100	63	10	59	4	75	74	76	71	80	71	69
85	57	101	25	63	10	67	4	97	63	95	69	91	60	78
86	63	63	100	63	10	38	4	50	42	46	38	44	48	49
87	85	30	100	63	10	12	4	88	44	32	37	35	43	41
88	86	17	100	63	10	4	4	124	51	14	53	33	47	30
89	89	35	100	63	10	14	4	98	55	56	48	63	59	57
90	108	124	100	1	1	1	1	127	85	3	106	6	118	9
91	103	108	48	63	10	89	78	21	112	112	80	84	110	103
92	70	90	10	63	10	79	48	1	36	5	21	4	36	4
93	95	55	10	63	10	14	4	90	22	23	19	22	26	23
94	104	99	10	63	5	8	4	107	45	16	55	29	64	34
95	101	127	62	63	10	39	4	113	111	101	110	102	115	105
96	59	73	62	6	10	88	115	100	110	111	120	119	107	120
97	69	1	62	25	10	89	89	22	34	4	22	2	29	1
98	76	57	62	17	10	89	98	89	105	107	105	109	100	112
99	79	14	62	25	10	89	89	52	58	80	50	82	54	81
100	83	119	62	46	10	89	64	10	94	67	73	42	106	76
101	102	112	62	63	10	89	116	4	121	105	101	57	121	108
102	107	114	62	50	10	89	59	106	124	121	124	114	124	122
103	66	71	54	27	10	69	88	83	88	86	98	98	88	91
104	81	40	54	9	10	89	105	114	107	116	114	120	99	119
105	77	32	54	15	10	85	102	116	99	115	107	116	89	116
106	96	26	54	36	10	89	94	48	82	99	58	88	73	95
107	97	36	54	16	10	89	99	93	102	110	97	108	97	113
108	80	54	54	20	10	89	113	101	113	118	115	121	105	121
109	99	22	54	41	10	89	83	8	49	53	23	19	49	52
110	106	127	54	63	4	46	122	2	116	74	94	49	120	110
111	92	106	32	63	10	76	93	6	92	66	67	26	98	71

112	119	127	32	63	10	89	124	55	126	127	123	127	127	127
113	123	104	41	63	10	4	126	126	125	125	126	126	126	125
114	124	91	41	63	10	7	123	117	122	123	122	124	123	124
115	90	5	41	63	10	31	4	27	2	12	1	8	4	7
116	88	121	70	63	10	89	4	87	119	117	108	104	113	107
117	111	3	41	63	10	89	4	61	40	79	12	50	25	51
118	120	27	2	63	10	29	95	65	54	17	31	10	51	13
119	121	23	41	63	10	89	4	71	61	109	26	71	44	89
120	122	120	41	63	10	14	4	119	100	98	95	95	109	111
121	129	105	41	63	10	89	126	123	129	129	129	129	129	129
122	127	89	13	63	10	4	126	125	120	126	119	125	119	126
123	126	2	48	63	10	59	110	110	117	120	91	94	95	102
124	125	6	13	1	1	1	1	127	5	2	5	1	19	3
125	117	117	48	63	10	89	126	108	128	128	128	128	128	128
126	113	111	48	63	10	89	4	16	84	94	43	52	91	85
127	114	47	48	63	10	14	4	104	48	62	39	64	58	68
128	128	11	1	63	10	39	125	44	60	88	29	55	52	74
129	118	126	48	63	10	89	4	20	93	100	57	65	104	99

En la tabla superior se realiza una gestión visual del comportamiento de cada zona. Los tonos verdes indican reparto más accesible, mientras que conforme se acerca el color de la celda al rojo más complicado es éste.

Sin embargo, hay que poner en relativa cuarentena los indicadores visuales. Como puede observarse, ciertos criterios se muestran siempre en colores cálidos. Por ejemplo, el “% de calles unidireccionales con un solo carril”, en el que casi todas las zonas presentan un 0%, no debe llevar a engaño ya que el valor máximo de ranking (10) no es indicativo de una alta dificultad, sino que a partir de dicho valor todas las zonas presentan el mismo valor en la variable, que de hecho es 0%, lo más favorable posible para la DUM. Algo similar ocurre con el “% de calles peatonales”, si bien el máximo valor alcanzado es algo mayor (63) que el caso comentado anteriormente, lo que permite comprobar con mayor facilidad la evolución de las zonas.

Realizando una primera visión panorámica de la tabla puede extraerse la primera conclusión: existe una mayor proporción de “buena accesibilidad” en los tipos de clasificación de las columnas de la derecha de la tabla (experimentos) que en las zonas de la izquierda (clasificaciones según criterios individuales). Este hecho se debe a que estas columnas son combinaciones lineales de las columnas de la izquierda, lo que se traduce en que los criterios con mal comportamiento suele contrarrestarse con los que tienen buen comportamiento, mitigándose su efecto mutuamente, aunque puede darse el caso de que una zona empeore sus resultados si se prioriza algún atributo concreto, como se verá a continuación.

Observando de forma global la tabla se puede ver que de la zona 49 a la 73 (exceptuando 51 y 53) presentan un comportamiento “más cálido”, es decir, peor para la DUM. En la siguiente imagen puede verse la distribución espacial de estas zonas sobre el plano:

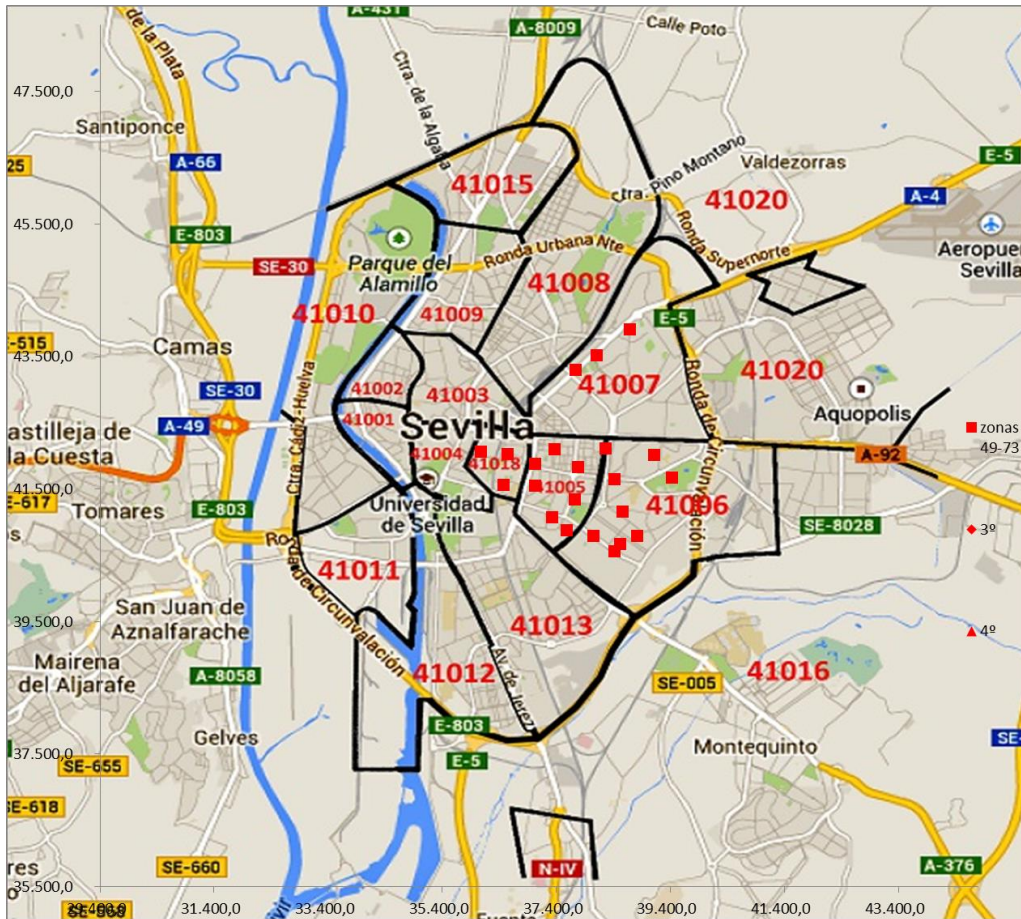


Figura 6-1. Zonas “conflictivas”, 49-73 (excepto 51 y 53).

Estas zonas están todas distribuidas desde San Bernardo hasta Amate y a lo largo de la Avda. de Kansas City, zonas próximas al centro geográfico y con una gran afluencia de tráfico (incluido transporte público). Es un resultado bastante lógico, ya que las grandes avenidas están adaptadas al tráfico diario, pero no las calles entre edificios, que suelen estar bastante limitadas de espacio, con los problemas que conllevan para el reparto.

En el extremo opuesto, las zonas de la 32 a la 39 y de la 95 a la 125 destacan por su comportamiento “verde” (exceptuando la 97, 115, 118 y 124).

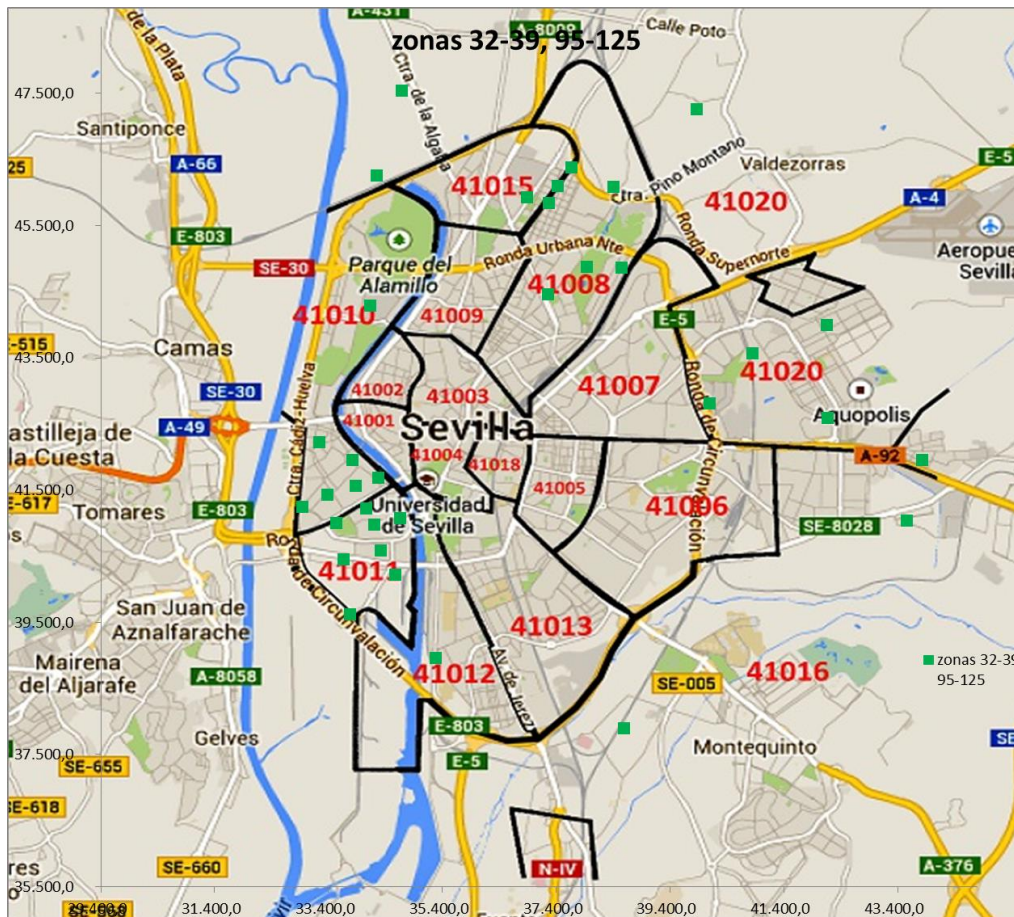


Figura 6-2. Zonas “poco conflictivas”, 32-39, 95-125 (excepto 97, 115, 118 y 124).

Como puede verse todas se desplazan a la periferia, destacando el bloque situado en la barriada de Los Remedios, de importante desarrollo en los últimos tiempos y considerado uno de los barrios “selectos” de la ciudad; la zona de Sevilla Este, barrio residencial de rápido desarrollo en las últimas dos décadas; y la zona de nuevo desarrollo de San Jerónimo, un polígono de reciente construcción. Las zonas periféricas, al ser ramales del desarrollo de la ciudad, tienen menos antigüedad y por tanto están más adaptados a la vida de una ciudad, con grandes avenidas y preparados para el tráfico.

Llaman la atención los puntos de Triana, barrio histórico y con cierta dificultad real para la DUM. Observando en la tabla (6-1), se ve como el mejor comportamiento de estas zonas (102-110) se da en los experimentos. En cuanto a los criterios individuales en los que destacan por su buen comportamiento están el “% de calles con transporte público” y la “cercanía al centro urbano”. El primer factor se debe a que son zonas con mayor número de arcos identificados, de modo que el porcentaje baja respecto a zonas que están recorridas por menos autobuses pero con todos (o casi todos) sus arcos recorridos por este tipo de transporte. Por otra parte no se trata del barrio más próximo a Nervión, de modo que su comportamiento respecto a este factor es bueno. Puede concluirse por tanto que el mayor detalle de la red de arcos de Triana es el causante del “erróneo” resultado.

A continuación se expondrán una serie de análisis adicionales basados en la tabla (6-1):

- Reparto de máximos. La lógica indica que la mayoría de valores extremos se alcanzarán en los criterios individuales, por lo expuesto anteriormente. Sin embargo, hay varias zonas que presentan sus extremos en estas clasificaciones, como puede observarse en la tabla (6-2). Este primer hecho explicaría la mayor proporción de “verde” en la derecha de la tabla.

Tabla 6–2. Máximos según criterio clasificatorio.

Criterio	Nº de zonas con máximo en criterio
Distancia centroide-centro Sevilla	16
Población	25
Nº repartos diarios de mercancías	33
% calles peatonales	0
% Calles de un carril en un solo sentido	0
% Calles de un carril por sentido	8
% Calles con transporte público	14
Flujo promedio de vehículos	9
Clasificaciones ponderadas (cg)	6
Valores ponderados (cg)	5
Clasificaciones ponderadas (ce)	5
Valores ponderados (ce)	5
Clasificaciones ponderadas (ca)	1
Valores ponderados (ca)	2

Las siglas “cg” indican “clasificación global”, “ce” indica “clasificación de experto” y “ca” indica “clasificación de autor”.

De forma general, estos máximos indican el criterio que aporta el mejor comportamiento (reparto más favorable) de dicha zona, lo cual no tiene por qué implicar un buen comportamiento de la zona de acuerdo a ese criterio, pero si irán de la mano en la mayoría de los casos.

Destaca que las variables de “% de calles peatonales” y “% de calles de un carril en un solo sentido” no suponen el caso más favorable para ninguna de las zonas. Esto tiene una sencilla explicación cuantitativa. Como se ha venido comentando a lo largo de este documento, existen muchas zonas con un 0% de estas variables (caso muy favorable), si bien al estar “empataadas” en puntuación, su valor clasificatorio es idéntico y bastante lejano a 129. Esto explica que no se acerque lo suficiente como para tratarse de su mejor clasificación, si bien si se ha de tener presente que se trata de casos muy favorables para el reparto atendiendo estrictamente al criterio logístico en sí.

En el extremo opuesto, el nº de repartos diarios es el criterio que muestra el mejor comportamiento de zonas, llegando a 33. Esto indica que hay bastantes zonas con “problemas más graves” que el elevado volumen de repartos diarios en sus comercios.

- Reparto de mínimos. Se trata del caso opuesto al punto anterior, estos mínimos indican el criterio que aporta el peor comportamiento para la DUM en cada zona.

Tabla 6–3. Mínimos según criterio clasificatorio.

Criterio	Nº de zonas con mínimo en criterio
Distancia centroide-centro Sevilla	6
Población	5
Nº repartos diarios de mercancías	8
% calles peatonales	10
% Calles de un carril en un solo sentido	47
% Calles de un carril por sentido	4
% Calles con transporte público	34
Flujo promedio de vehículos	8
Clasificaciones ponderadas (cg)	2
Valores ponderados (cg)	0
Clasificaciones ponderadas (ce)	3
Valores ponderados (ce)	0
Clasificaciones ponderadas (ca)	2
Valores ponderados (ca)	0

El “% de calles de un carril en un solo sentido” se diferencia del resto, con 47 zonas con su peor comportamiento en este punto. La explicación de este fenómeno es la misma que la comentada previamente para el caso de los máximos: las zonas con 0% en su variable, al ser numerosas, aparecen con una clasificación relativamente baja (la clasificación más alta es 10), por lo que es muy fácil que esta variable sea la de peor comportamiento de las zonas.

El “% de calles recorridas por transporte público” también es un factor muy relevante (hasta 34 zonas presentan su peor comportamiento para el reparto). Esto es un indicativo evidente de la alta importancia del autobús en la vida de la ciudad de Sevilla, existiendo un gran número de vías recorridas por este transporte público.

Los experimentos con ponderación tienen el peor comportamiento en pocas zonas debido a que, como se dijo anteriormente, se trata de ponderaciones que tienden a “equilibrar” los peores criterios con los mejores, dando normalmente valores intermedios.

- Variaciones. Este criterio mide la diferencia entre el valor clasificatorio máximo y el mínimo obtenidos para una misma zona. Se trata de un evidente indicativo de si una zona presenta algún criterio desacoplado del resto.

En la siguiente tabla se pueden ver en tonos verdes los criterios con la mayor variación de comportamiento, mientras que los del extremo opuesto se verán en tonos rojizos:

Tabla 6-4. Diferencia máxima de clasificación para una misma zona.

Zona	Incremento				
1	97	38	110	78	98
2	118	39	104	79	117
3	118	40	76	80	96
4	108	41	52	81	93
5	89	42	104	82	65
6	103	43	109	83	96
7	109	44	104	84	96
8	100	45	76	85	97
9	100	46	69	86	96
10	94	47	118	87	96
11	112	48	108	88	120
12	105	49	67	89	96
13	99	50	68	90	126
14	77	51	99	91	102
15	79	52	66	92	89
16	106	53	99	93	91
17	83	54	81	94	103
18	119	55	80	95	123
19	105	56	86	96	114
20	111	57	71	97	88
21	88	58	91	98	102
22	113	59	58	99	79
23	103	60	76	100	109
24	104	61	79	101	117
25	105	62	75	102	114
26	95	63	68	103	88
27	104	64	85	104	111
28	104	65	85	105	106
29	104	66	126	106	89
30	77	67	85	107	103
31	72	68	79	108	111
32	115	69	79	109	91
33	110	70	85	110	125
34	104	71	95	111	100
35	121	72	86	112	117
36	111	73	85	113	122
37	109	74	89	114	117
		75	113	115	89
		76	104	116	117
		77	90	117	108

118	118
119	117
120	118
121	119

122	123
123	124
124	126
125	118

126	109
127	110
128	127
129	122

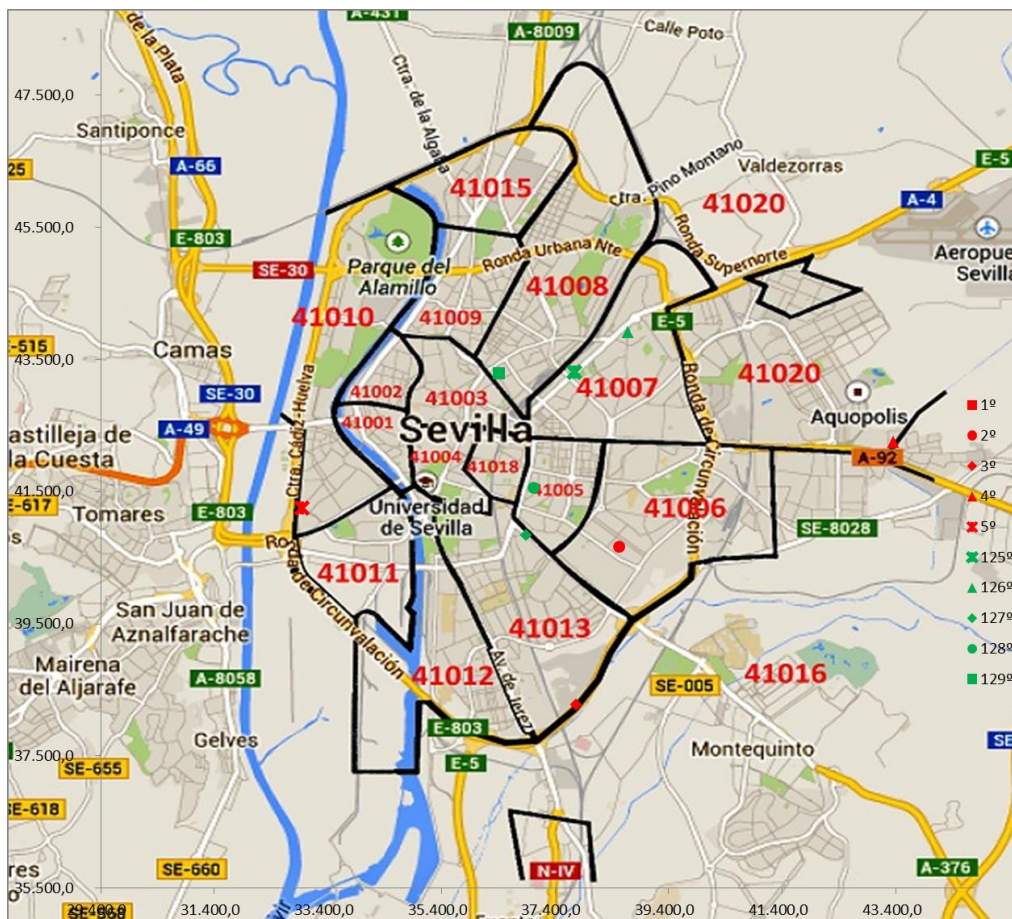


Figura 6-3. Zonas más más (rojo) y menos (verde) incremento de clasificación.

Tabla 6-5. Tabla-resumen de zonas con mayor/menor diferencia de clasificación.

Clasificación	Zona	Incremento	Criterio del máximo	Criterio del mínimo
1	128	127	Distancia centroide-centro Sevilla	Nº repartos diarios de mercancías
2	66	126	Flujo promedio de vehículos	% calles peatonales
3	90	126	Flujo promedio de vehículos	% calles peatonales
4	124	126	Flujo promedio de vehículos	% calles peatonales
5	110	125	Población	Flujo promedio de vehículos
125	49	67	Distancia centroide-centro Sevilla	Población
126	52	66	Población	% Calles con transporte público
127	82	65	Distancia centroide-centro Sevilla	% Calles de un carril por sentido
128	59	58	% Calles con transporte público	% Calles de un carril por sentido
129	41	52	Población	% Calles con transporte público

La cuarta columna indica el criterio con mejor comportamiento de la zona, mientras que lo opuesto sucede con la quinta columna de la tabla (6-5).

El análisis más interesante de este punto es el de las 5 zonas con mayor incremento de clasificación, ya que la gran diferencia implica buen comportamiento en su variable máxima y mal comportamiento en la mínima. En este sentido destaca la repetición de variables en las zonas 66, 90 y 124, que recordemos eran “especiales” debido a la ausencia de arcos asociados a las mismas. Esto explica por completo este resultado: al no tener arcos no son recorridos por vehículos y el porcentaje de calles peatonales no se puede obtener.

- Clasificación media. Este análisis resulta muy ilustrativo desde el punto de vista global, ya que podría concluirse como una clasificación obtenida por la zona influenciada por todas las posibilidades de medición en conjunto.

Tabla 6-6. Clasificación media de las zonas.

Clasificación	Zona	Clasificación media
1	59	20,29
2	115	21,79
3	124	22,14
4	49	23,00
5	50	24,36
6	46	24,64
7	52	25,21
8	72	26,64
9	68	29,14
10	41	29,21
11	62	29,50
12	70	30,07
13	67	30,43
14	56	30,71
15	66	30,86
16	30	31,57
17	57	32,79
18	97	32,79
19	55	33,07
20	43	33,14
21	93	34,00
22	92	34,07
23	31	35,43
24	60	36,07
25	71	36,71
26	63	36,79
27	48	37,57
28	10	37,64
29	80	38,29
30	54	38,64
31	73	39,43
32	61	40,07
33	40	40,93
34	58	41,93
35	118	41,93
36	64	42,43
37	27	43,64
38	87	44,57
39	34	44,86
40	82	45,14
41	88	45,43
42	117	45,64
43	94	45,93
44	69	46,07
45	109	46,50
46	86	47,00
47	65	47,29
48	14	49,00
49	15	50,00
50	127	53,07
51	1	53,50
52	89	53,64
53	83	54,00
54	20	54,07
55	74	54,36
56	77	54,93
57	8	55,64
58	128	55,64
59	45	56,07
60	90	56,43
61	81	56,50
62	53	58,00
63	9	58,29
64	119	58,71
65	13	58,93
66	99	58,93
67	38	59,43
68	29	60,71
69	21	62,64
70	5	62,86
71	85	62,86
72	84	63,07
73	7	63,57
74	51	64,00
75	24	64,07
76	111	64,14
77	17	64,21
78	44	64,36
79	126	64,50
80	6	66,57
81	75	66,86
82	100	67,21
83	106	67,71
84	28	68,14
85	26	68,79
86	11	68,86
87	42	69,14
88	12	70,00
89	22	71,00
90	129	71,14
91	39	71,86
92	103	72,64
93	47	73,14
94	36	73,36
95	78	74,50
96	18	74,86
97	16	75,64
98	25	75,71
99	3	76,64
100	4	77,36
101	33	77,57
102	110	77,64
103	23	77,79
104	76	78,14
105	32	78,64
106	120	78,64
107	19	80,07
108	91	80,07
109	107	80,07
110	105	80,93
111	98	81,14
112	123	81,93
113	2	82,21
114	37	82,86
115	95	83,07
116	101	83,64
117	104	84,07
118	96	85,71
119	116	85,71
120	108	86,71
121	122	92,29
122	35	93,64
123	114	93,86
124	102	94,71
125	113	96,43
126	79	97,43
127	112	98,29
128	125	103,29
129	121	104,29

En el siguiente mapa puede verse la distribución de todos los puntos con reparto más/menos crítico a nivel medio:

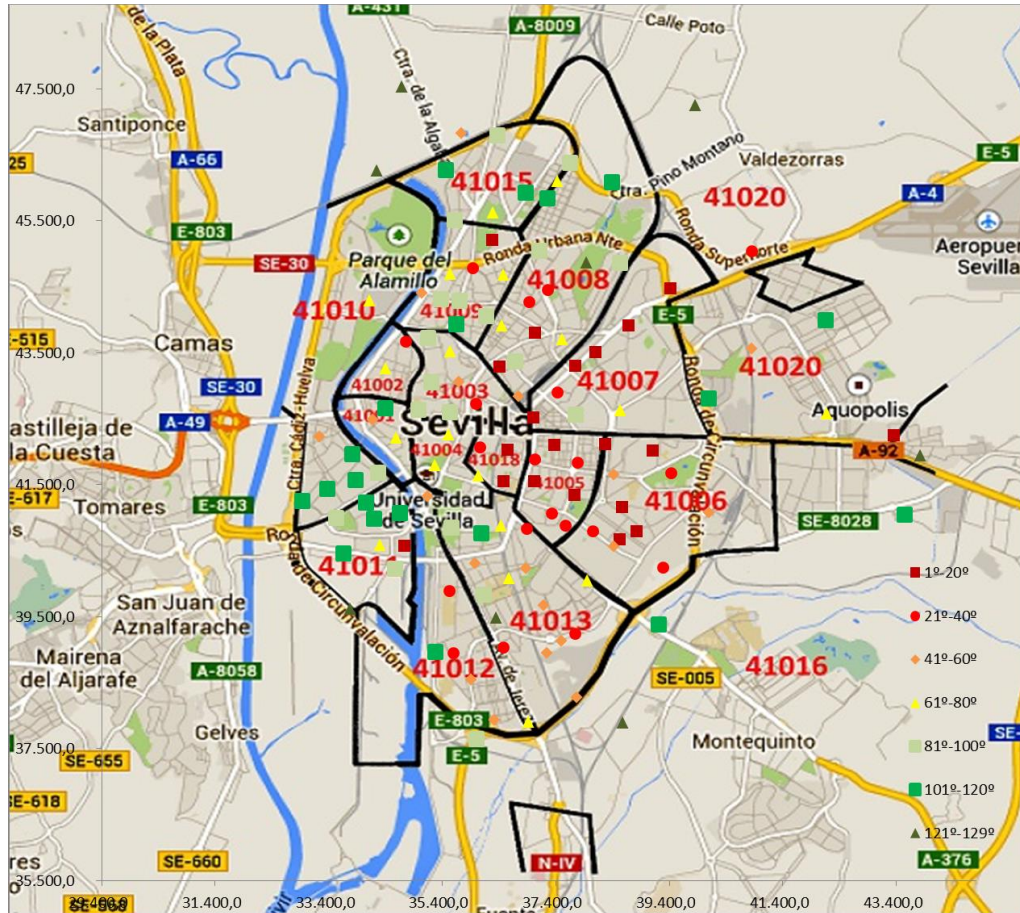


Figura 6-4. Zonas de más críticas (rojo) a menos (verde) críticas con clasificación media.

Visualmente resulta relativamente sencillo identificar patrones de comportamiento. Por una parte, existe un gran foco de tonos verdes en la zona sur de Triana (comportamiento adulterado por lo comentado al comienzo de este punto) y Los Remedios. Por otra parte, conforme se adentra uno en zonas más céntricas, las tonalidades de los puntos van haciéndose rojizas, lo que explica la gran influencia de la cercanía al centro urbano y del tipo de trazado, más estrecho en estas zonas al tratarse de barrios antiguos poco preparados para la vida comercial. La zona este de la ciudad también presenta un buen comportamiento de la DUM, como es lógico debido al reciente desarrollo del área, siendo uno de los ramales de expansión de Sevilla. Las zonas más modernas del área norte de Sevilla (Polígono Nuevo Torneo) presentan también un comportamiento más que aceptable, lo que da sentido a la reciente construcción de grandes plataformas comerciales en esa zona. Sin embargo, esto contrasta con el barrio de San Jerónimo, con clasificaciones intermedias o bajas. Se trata de un barrio obrero poco preparado para el desarrollo comercial. La zona de Nervión y sus accesos (Avda. de Kansas City, Avda. de Hytasa, Calle Marqués de Pickman) presentan el peor comportamiento de la ciudad, en parte por la influencia de la cercanía al centro geográfico de la capital y por el gran tráfico de vehículos y transporte público que transita la zona diariamente. De forma global se observa

que las zonas periféricas presentan un gran comportamiento para la DUM, lo que da sentido a la localización de centros logísticos en polígonos a las afueras de la ciudad.

- Metodologías de valoración. Para terminar se establecerá una comparativa directa entre los métodos de cálculo explicados en el apartado (5.1). Haciendo un análisis rápido de la tabla (6-1), se obtiene que 59 zonas presentan un mejor ranking (más alto) en el método de clasificaciones ponderadas, mientras que 70 lo hacen con el de valores ponderados. A priori resulta más lógico el método de valores ponderados, ya que se respeta la proporción de los valores de las variables, si bien esto no es un hecho objetivo y todo depende del punto de vista de la persona que desee usar el estudio. La zona que presenta la mayor variación (48) con mejor comportamiento de valores ponderados es la 90, cuyo factor más destacado es la lejanía al centro urbano (se encuentra próximo a la SE-30 a la altura del Club Pineda); mientras que la mayor variación (82) con mejor comportamiento de clasificaciones ponderadas es la 119, muy influenciada por la ausencia de arcos (punto en las inmediaciones del Acuartelamiento Torreblanca, en un extremo de Sevilla Este).

Tabla 6–7. Desglose de zonas 90 (Club Pineda) y 119 (Acuartelamiento Torreblanca).

Zona	Clasificaciones individuales								Clasificación global		Clasificación según experto		Clasificación según autor	
	Distancia centroide-centro Sevilla	Población	Nº repartos diarios de mercancías	% calles peatonales	% Calles de un carril en un solo sentido	% Calles de un carril por sentido	% Calles con transporte público	Flujo promedio de vehículos	Clasificaciones ponderadas	Valores ponderados	Clasificaciones ponderadas	Valores ponderados	Clasificaciones ponderadas	Valores ponderados
90	108	124	100	1	1	1	1	127	85	3	106	6	118	9
119	121	23	41	63	10	89	4	71	61	109	26	71	44	89

7 CONCLUSIONES

El estudio realizado, aplicable a la ciudad de Sevilla, muestra el típico comportamiento de una ciudad histórica. Se ha demostrado que las zonas más próximas al centro de la ciudad se encuentran peor adaptadas a las actividades derivadas de la DUM, destacando en este sentido el casco histórico. Esto se debe fundamentalmente a unas características de las vías poco adaptadas al tránsito elevado de vehículos. Como ha quedado demostrado a lo largo del estudio, existe una correlación directa entre la cercanía al centro urbano y la topología de las vías. Este hecho se ha acentuado en los últimos años con la tendencia a la peatonalización de espacios céntricos, tendencia que seguirá en los próximos años. Además, la lejanía a los grandes centros logísticos también es un aspecto a tener en cuenta por las empresas, ya que los gastos derivados del uso de los vehículos (carburante, mantenimiento, tasas, etc.) es un factor fundamental en la resolución del VRP.

Fijando la atención en los alrededores de este centro histórico, sobresalen sobre el resto diversas arterias de la capital como la Avda. de Kansas City, la Avda. de la Raza y la Ctra. de Carmona. Todas ellas destacan por su mala accesibilidad para la DUM. Se trata de amplias avenidas con un tráfico desmesurado a lo largo de todo el día. Por ello cualquier anomalía en cualquiera de ellas influye en la congestión de toda la ciudad.

Si se sale algo más hacia el exterior de la ciudad, las zonas norte y este de la ciudad presentan un reparto más sencillo, debido al fácil acceso desde las circunvalaciones y a las mejores y más modernas características de las vías. Sin embargo, el comportamiento de estas zonas se muestra muy influenciado por el bajo número de zonas y arcos identificados en las mismas, lo que adultera los resultados en cierta medida. En cualquier caso, este hecho explica la creación de centros logísticos en polígonos industriales próximos a estas zonas. En estas zonas exteriores de la ciudad también se observan zonas menos favorables para la DUM, como puede ser la conexión con las localidades del Aljarafe. Así, el Puente del V Centenario muestra un comportamiento alterado por el gran tráfico que lo recorre, sobre todo en hora punta. También el acceso a Sevilla a la altura del Tardón (Triana) presenta características poco favorables.

Las diferentes clasificaciones expuestas aportan visiones distintas, pero igualmente válidas. Lo apropiado de cada una dependerá de la utilidad que se le quiera dar al estudio y del factor que se analice en profundidad. Sin embargo, atendiendo a la exactitud de los métodos, el ranking según valores ponderados es un método más riguroso, ya que establece las variaciones de un puesto a otro de forma proporcional, al contrario de lo que ocurre con los valores ponderados.

Los datos obtenidos en los análisis pueden servir para identificar mejoras potenciales en zonas afectadas por cada uno de los diferentes factores, con el fin de conseguir aunar la vida de la ciudad con las actividades comerciales de las empresas.

REFERENCIAS

- [1] Muñuzuri Sanz, J 2003, 'La logística urbana de mercancías : soluciones, modelado y evaluación', Sevilla, Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla.
- [2] Guillem, S, Rafael, P, & Ernest, B 2013, 'Distribución urbana de mercancías: descripción y clasificación de soluciones existentes e implementación de dos soluciones novedosas / Urban freight transport: description and classification of existing measures and implementation of two novel solutions', *Dyna*, 179, pp. 6-13.
- [3] Fernandez-Barcelo, I, & Campos-Cacheda, J 2012, 'Estimate of Social and Environmental Costs for the Urban Distribution of Goods. Practical Case for the City of Barcelona', *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 39, Seventh International Conference on City Logistics which was held on June 7- 9,2011, Mallorca, Spain, pp. 818-830.
- [4] Filippi, F, Nuzzolo, A, Comi, A, & Site, P 2010, 'Document Heading: Ex-ante assessment of urban freight transport policies', *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 2, The Sixth International Conference on City Logistics, pp. 6332-6342.
- [5] Assem, H, Xu, L, Buda, TS, O'Sullivan, D 2016, 'Spatio-Temporal Clustering Approach for Detecting Functional Regions in Cities' 2016, 2016 IEEE 28Th International Conference On Tools With Artificial Intelligence (ICTAI), Tools With Artificial Intelligence (ICTAI), 2016 IEEE 28Th International Conference On, ICTAI, pp. 370-377.
- [6] Zhu, Q 2016, 'Improvement of spatial data clustering algorithm in city location' , 2016 Eighth International Conference On Advanced Computational Intelligence (ICACI), Advanced Computational Intelligence (ICACI), 2016 Eighth International Conference On, pp. 108-111.
- [7] Jha, M, Shariat, S, Abdullah, J, & Devkota, B 2012, 'Maximizing Resource Effectiveness of Highway Infrastructure Maintenance Inspection and Scheduling for Efficient City Logistics Operations', *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 39, Seventh International Conference on City Logistics which was held on June 7- 9,2011, Mallorca, Spain, pp. 831-844.
- [8] Chac Sam, A 2012, 'Gestión dinámica de rutas en la distribución urbana de mercancías', RECERCAT, Barcelona, Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Cataluña.
- [9] Robusté Antón, F, Campos Cacheda, J, Estrada Romeu, M, & Galván, D 2012, 'Las Nuevas tecnologías de la información y la distribución urbana de mercancías', RECERCAT, pp. 51-63.
- [10] Sanz Marzà, G 2008, 'Metodología para la definición de un sistema logístico que trate de lograr una distribución urbana de mercancías eficiente: Methodology to design a logistic model able to achieve an efficient urban freight distribution', *Dirección Y Organización: Revista De Dirección, Organización Y Administración De Empresas*, 37, pp. 60-66.
- [11] Chakkour, R. & Muñuzuri, J. 2014. 'La metodología MAMCA y su aplicación en logística urbana de mercancías', Sevilla, Trabajo Fin de Carrera, Universidad de Sevilla.
- [12] Macharis, C, Milan, L, & Verlinde, S 2014, 'A stakeholder-based multicriteria evaluation framework for city distribution', *Research In Transportation Business & Management*, 11, Managing Freight in Urban Areas, pp. 75-84.
- [13] Ballantyne, E, Lindholm, M, & Whiteing, A 2013, 'A comparative study of urban freight transport planning: addressing stakeholder needs', *Journal Of Transport Geography*, 32, pp. 93-101.

- [14] Miguel Gastón, C, José Luis de la, R, Alfredo, B, Jesús, G, & Jorge Luis, G 2014, 'Reliability in urban freight distribution: A Markovian approach / Confiabilidad en distribución urbana de mercancías: Un enfoque Markoviano', *Dyna*, 187, pp. 232-247.
- [15] Kin, B, Verlinde, S, & Macharis, C 2017, 'Engineering advance: Sustainable urban freight transport in megacities in emerging markets', *Sustainable Cities And Society*, 32, pp. 31-41.
- [16] Oskarbski, J, & Kaszubowski, D 2016, 'Potential for ITS/ICT Solutions in Urban Freight Management', *Transportation Research Procedia*, 16, The 2nd International Conference "Green Cities - Green Logistics for Greener Cities", 2-3 March 2016, Szczecin, Poland, pp. 433-448.
- [17] Sanz, G 2009, 'Innovación en la distribución urbana de mercancías. Caso práctico: Supermercados Caprabo', 2009 3rd International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management, pp. 2025-2033.
- [18] Fazlollahi, S, Girardin, L, & Maréchal, F 2014, 'Clustering Urban Areas For Optimizing The Design And The Operation Of District Energy Systems', *Computer Aided Chemical Engineering*, 33, pp. 1291-1296.
- [19] Caballero, SA 2016, 'Diseño de territorios de entrega en zonas urbanas altamente pobladas', *Economía Industrial*, 400, pp. 47-58.
- [20] Lei, H, Wang, R, & Laporte, G 2016, 'Solving a multi-objective dynamic stochastic districting and routing problem with a co-evolutionary algorithm', *Computers And Operations Research*, 67, pp. 12-24.
- [21] Muñuzuri, J, Onieva, L, Cortés, P, Guadix, J 2016, 'Gestión pública de la logística urbana de mercancías: Una normativa, múltiples necesidades' 2016, *Economía Industrial*, 400, pp. 21-28.

GLOSARIO

RAE: Real Academia Española	17
RPAS: Remotely Piloted Aircraft System	17
DUM: Distribución Urbana de Mercancías	18
GIS: Geographical Information Systems	19
VRP: Vehicle Routing Problem	19
MAMCA: Multi-Actor Multi-Criteria Analysis	19
CP: Código Postal	22