



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Máster

Optimización de la flota de vehículos  
necesaria para la distribución capilar de  
productos perecederos en Zaragoza:  
Análisis de los consumos y costes asociados

Autor

Angel Santiago Cabanillas Jimeno

Director

Emilio Larrodé Pellicer

Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza

2012

---

# AGRADECIMIENTOS

---

Mi más sincero agradecimiento a Emilio Larrodé Pellicer, director de este proyecto, por su labor de docencia y ayuda a lo largo de este proyecto y de la misma manera a David Escuín Finol, por su tiempo de dedicación y consejos.

A mis padres por el apoyo recibido no solo durante la carrera sino también en este año de máster ya que si no fuera por ellos no me encontraría en este momento.

A mis hermanas por sus consejos y ayudas a lo largo de este año.

A mis abuelos, que aunque no están todos, se que han empujado de la misma manera para llegar a este momento

A mi novia Pilar por su ayuda continua, estímulo y comprensión.

---

# RESUMEN

---

Entre las transformaciones del sistema agroalimentario destaca el desarrollo de la Gran Distribución minorista (GD), desde las grandes plataformas logísticas de la ciudad, las cuales son actores muy importantes del sistema de distribución de alimentos, hasta los pequeños comercios. En este proyecto se realiza un estudio de investigación acerca de la **distribución capilar** de productos perecederos, como son fruta, verduras y hortalizas, por **fruterías** en la ciudad de **Zaragoza**, desde la plataforma logística alimentaria de la capital (Mercazaragoza, en adelante MZ), con la **optimización** de la flota de vehículos necesaria mediante la resolución del problema **VRPTW** (Vehicle Routing Problem with Time Window).

En primer lugar se ha realizado un **muestreo representativo y uniforme** de **fruterías** por la ciudad de **Zaragoza**, asignándole una demanda diaria aproximada y una ventana temporal, según datos reales, para cada una de dichas fruterías.

A continuación se han seleccionado tres tipos de **vehículos** comúnmente utilizados en el ámbito del transporte, se les ha **unificado la carga** con respecto a las dimensiones de **cajas** utilizadas en el ámbito de la distribución de fruta y se les ha asignado distintos tipos de vías a transitar por dentro de la ciudad, según las características de las mismas.

Desde que comenzó la depresión entorno al año 2008, por diversos motivos, ha habido una proliferación de estos negocios, en torno a 100 establecimientos desde entonces y llegando a la actual cifra de unas 600 fruterías en la ciudad de Zaragoza, de las cuales, un elevado % de ellas, utiliza vehículo propio para desarrollar su negocio. Por este motivo, se ha decidido desarrollar este Proyecto Fin de Máster en adelante PFM, con el cual se va a modelizar un sistema de reparto para todas estas fruterías, con el fin de **optimizar** una flota de **vehículos** e intentar **reducir** el **consumo energético**, así como sus **costes**, principalmente los **logísticos**.

---

# ÍNDICE

---

1. INTRODUCCIÓN.....	9
1.1. Objetivo del proyecto .....	10
1.2. Marco del proyecto.....	11
1.3. Alcance del proyecto.....	11
2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	14
3. PLANTEAMIENTO TEÓRICO .....	16
3.1. Cálculo de rutas .....	17
3.1.1.Introducción.....	17
3.1.2.Problemas de ruteo de vehículos (VRP).....	18
3.1.3.Variantes a analizar para la resolución del proyecto .....	19
3.1.3.1. VRPTW .....	19
3.1.3.2. CVRP .....	20
3.1.3.3. CVRPTW.....	21
3.2. Herramientas de localización geográfica por satélite .....	22
3.3. Herramienta informática utilizada .....	23
4. CASO DE ESTUDIO.....	25
4.1. Selección de fruterías .....	26
4.2. Análisis de los tipos de vías.....	28
4.2.1.Vías rojas .....	28
4.2.2.Vías amarillas.....	30
4.2.3.Vías verdes .....	34
4.3. Demanda de las fruterías.....	41
4.3.1.Demanda diaria frutería Perales .....	41
4.3.2.Formatos estándar de cajas de transporte .....	41
4.3.3.Homogeneización de carga .....	43
4.3.4.Pedidos fruterías y homogeneización .....	44
4.4. Vehículos a utilizar .....	49
4.4.1.Características de los vehículos .....	49
4.4.2.Resumen de los vehículos a utilizar.....	54
4.5. Función objetivo .....	57

5. RESOLUCIÓN DEL PROBLEMA .....	60
5.1. Introducción de datos en la herramienta informática.....	61
5.2. Fruterías rojas.....	65
5.2.1.Cálculo de rutas .....	65
5.2.2.Matriz de distancias.....	67
5.2.3.Cálculo de distancias y tiempo para la solución de las rutas con el algoritmo metaheurístico VNS General .....	67
5.2.4.Aplicación de la función objetivo .....	71
5.3. Fruterías amarillas .....	72
5.3.1.Cálculo de rutas .....	72
5.3.2.Matriz de distancias.....	74
5.3.3.Cálculo de distancias y tiempo para la solución de las rutas con el algoritmo metaheurístico VNS General .....	74
5.3.4.Aplicación de la función objetivo .....	78
5.4. Fruterías verdes .....	78
5.4.1.Cálculo de rutas .....	78
5.4.2.Matriz de distancias.....	81
5.4.3.Cálculo de distancias y tiempo para la solución de las rutas con el algoritmo metaheurístico VNS General .....	81
5.4.4.Aplicación de la función objetivo .....	88
5.5. Función objetivo total .....	88
6. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS .....	90
7. LÍNEAS FUTURAS .....	92
8. ANEXO 1 .....	94
9. ANEXO 2 .....	97
10. BIOGRAFÍA .....	102



---

# CAPÍTULO 1

---

El presente documento tiene como finalidad presentar un TFM (Trabajo Fin de Master), realizado en el ámbito de la Ingeniería Mecánica, concretamente “**organización, gestión y planificación**”, y apoyado por conocimientos de la Ingeniería Informática. Para ello se ha elaborado un único documento "memoria" la cual dentro de su extensión, queda dividida en tres partes bien diferenciadas. La primera de ellas, compuesta por los cuatro primeros capítulos, consiste en una explicación de la problemática y el planteamiento del problema a resolver. Un solo capítulo, el número cinco, para la segunda parte en la que se recoge el problema particular que se ha resuelto y por último la tercera parte, el resto de capítulos, dedicada a la resolución del problema y análisis del mismo.

La elaboración de una memoria es fundamental ya que en ella se muestra el TFM, es decir, la información textual de lo que se ha realizado, que permita conocer el trabajo al interesado o no en la materia.

## 1.1 Objetivo del proyecto

El objetivo del TFM es el estudio y análisis de un escenario de transporte peculiar, como es la **distribución capilar**, para determinar una **flota óptima** de vehículos a utilizar y una **función objetivo** de costes a minimizar. Este escenario se caracteriza por presentar una **única ventana temporal** de entrega para todos los establecimientos, cubrir **cortas distancias** entre el origen y el destino, satisfacción de **restricciones** impuestas por el cliente y por las condiciones naturales de las **vías** por las que nos movemos, etc que complican la agrupación de pedidos en los vehículos. Esto pone de manifiesto la necesidad de este estudio, ante la posibilidad de ser un **estudio de viabilidad** ante el mercado existente. El problema tratado es un combinado de dos problemas de difícil solución. Por un lado, se tiene el **VRPTW** (*Vehicle Routing Problem with Time Windows*) y por otro lado, **CVRP** (*Capacitated Vehicle Routing Problem*). Estos problemas se encuentran detallados más adelante en el capítulo 3.

## 1.2 Marco del Proyecto

El trabajo se enmarca dentro de la **Investigación Operativa** perteneciente al Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Zaragoza, en su Área de Ingeniería e Infraestructura de los Transportes. En la dirección de dicho proyecto se encuentra el Doctor Emilio Larrodé Pellicer, Ingeniero Industrial y se ha contado con la colaboración del Doctor David Escuín Finol, Ingeniero Informático, el cual aporta una herramienta informática implementada en su proyecto final de carrera “Desarrollo de una herramienta informática y de algoritmos de mejora y optimización de rutas en la resolución de problemas de transporte de mercancía del tipo VRPTW ”, dicha herramienta ha sido de gran ayuda. Por tanto, conoce el tema en profundidad y sus conocimientos han sido de muy útiles para el desempeño de este trabajo.

## 1.3 Alcance del Proyecto

A continuación se van a acotar los límites a los que se ha llegado en este PFM, en cada uno de los campos tratados.

El PFM se ha centrado en las **fruterías** distribuidas por la ciudad de **Zaragoza**, ubicadas en barrios allegados al centro de la ciudad y desechando barrios rurales de la localidad, los cuales quedan más alejados y salen del fin del proyecto.

La selección de dichos negocios está compuesta tanto de fruterías **independientes** como de aquellas que pertenecen a **agrupaciones comerciales** (mercados de alimentación). Tanto las fruterías independientes, como aquellas que se sitúan en el interior de un mercado se encuentran distribuidas por los barrios zaragozanos que a continuación se enumeran (figura1.3.1).



Figura 1.3.1

Una vez seleccionados los barrios de interés para el estudio, han sido seleccionadas las fruterías, con representación como mínimo de una frutería por barrio, con el fin de quedar distribuidas de manera uniforme en la extensión del mapa de la ciudad. Las distancias tomadas entre fruterías y el centro logístico de la ciudad (MZ) son **distancias euclídeas**. Una distancia euclídea es aquella que une dos puntos en línea recta, se ha elegido este tipo de distancias al tratarse de un estudio de investigación.

El concepto de **distribución capilar** se define como la distribución de mercancías dentro de las ciudades. Dos de los aspectos que caracterizan y condicionan la distribución capilar de mercancías por las ciudades son:

1. La tipología de vías en las ciudades.

Debido a la historia de la ciudad de Zaragoza y su posterior crecimiento, hasta convertirse en la quinta ciudad más grande de España, tenemos distintos tipos de vías por las que se tendrán que desplazar los vehículos durante el transcurso del reparto de la mercancía.

2. Las características de los vehículos que se desplazan por el interior de las ciudades.

Estas características van en relación a los tipos de la vía. Los vehículos utilizados en el proyecto son tres vehículos típicos comerciales los cuales se adaptan perfectamente a las características de los tres tipos de vías que se tienen. Estos

vehículos son utilizados en el sector del transporte para realizar rutas de distribución capilar por las calles de la ciudad.

Una vez seleccionados los vehículos que van a transitar por la ciudad, se ha homogeneizado la **carga** que van a llevar, marcando como unidad estándar una caja denominada "**caja de tres mantos**", empleada comúnmente en el transporte de fruta, permitiendo delimitar capacidades máximas y mínimas de los vehículos.

A la hora del llenado del vehículo, se tendrá en cuenta que los pedidos realizados por las distintas fruterías, son pedidos indivisibles, lo que complica el llenado óptimo de todos ellos, a lo que hay que sumar que no se cuenta con la capacidad del 100 % del llenado ya que se trabaja con un rango de llenado operativo del 30% al 70%.

La **flota** a utilizar para la óptima distribución de la carga, necesaria para dar el servicio requerido por los clientes, será contratada a un **servicio externo**, el cual suministrará todos los vehículos necesarios, ya que la finalidad del proyecto no es gestionar la flota de vehículos sino las rutas de los mismos, debido a que la distribución de fruta no es a tiempo completo, sino a parcial, con una ventana horaria uniforme para todos los establecimientos en la que la mercancía debe estar en su destino.

La **ventana temporal** establecida para la resolución de este problema es de **6:00 am a 8:30 am**, 150 minutos, en los cuales, la mercancía tiene que estar en su destino y descargada antes de cumplirse el plazo, ya que los establecimientos necesitan de las 8:30 am a 9:00 am para organizar los productos antes de abrir sus puertas.

La ruta de cualquier vehículo debe **iniciarse y finalizar en MZ**, asumiendo que alguno de los vehículos puede terminar su jornada pasados los 150 minutos antes señalados, debido a que aún le quede volver al origen una vez completadas todas las rutas.

Para obtener las posibles rutas, se utiliza una **herramienta informática de optimización** para la resolución de problemas de transporte y mercancía del tipo **CVRPTW**. Sobre los resultados se analizarán las rutas, se agruparán rutas en vehículos y se aplicará una función objetivo en la que se minimizarán costes la cual analizaremos en los resultados del proyecto.

---

# CAPÍTULO 2

---

El trabajo desarrollado tiene como finalidad proporcionar una primera investigación para tratar de **unificar la distribución capilar** por la ciudad de Zaragoza de artículos perecederos como es la fruta en el caso que tratamos, desde la plataforma logística de la ciudad, MZ. Se necesita resolver la manera de combinar distintas situaciones de acumulación de carga en distintos puntos de la ciudad para poder distinguir entre grandes pedidos creados por fruterías independientes, pero instaladas en el mismo punto geográfico de la ciudad (mercados), y pequeños encargos a cargo de pequeñas fruterías dispersas por toda la ciudad.

**Esto es la optimización del llenado de vehículos de transporte comercial y generación de rutas que permitan minimizar los costes.** La consecución de este objetivo generará una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub>, provocando indirectamente un beneficio global.

Los estudios sobre el diseño de rutas se centran en escenarios donde los itinerarios a generar están basadas en varios puntos de entrega que parten de un almacén o depósito, al cual deben regresar los vehículos una vez finalizada la expedición. Este tipo de problemas está basado en combinatoria, donde el número de posibles soluciones aumenta conforme se incrementa el número de clientes a repartir y por ello la búsqueda de la solución óptima hace que se convierta en un problema intratable conocido como problema NP-completo. Estos problemas se dividen en todo tipo que plantee la búsqueda de la mejor solución en un espacio de combinaciones muy grande, como el problema de cálculo de rutas o VRP

El problema tratado en este trabajo es idéntico al planteamiento general del VRP. En el original, los clientes se identifican como los puntos de entrega de la mercancía perteneciente al único almacén de partida; la carga de cada cliente es pequeña de forma que resulta trivial el agrupamiento de la misma siempre que se satisfaga la capacidad del vehículo; las distancias entre los clientes y entre estos y el depósito de recogida de la mercancía son pequeñas, de forma que en una jornada laboral de un transportista puede ser resuelta. A este escenario de transporte en el que las expediciones se realizan en la ciudad o entre zonas cercanas se le denomina **transporte capilar de mercancía**. Es decir, la **optimización en el transporte capilar pasa por recorrer la menor distancia posible para visitar a todos los clientes**, a esto se le pueden añadir todo tipo de limitaciones que complican al problema.

---

# CAPÍTULO 3

---



En el siguiente capítulo se expondrá el **camino teórico seguido (VRP)** para poder llegar a plantear la resolución del problema y sus **variantes más relevantes (VRPTW y CVRP)**, las cuales se adaptan perfectamente al problema. También se detallan los distintos **programas informáticos** utilizados para la resolución del mismo.

## 3.1 Cálculo de rutas

### 3.1.1 Introducción

El **VRP** (Vehicle Routing Problem), es el **problema de enrutamiento de vehículos**, data del año 1959 y fue introducido por Dantzig y Ramser, quienes describieron una aplicación real de la entrega de gasolina a las estaciones de servicio y propusieron una formulación matemática. Cinco años después, Clarke y Wright propusieron el primer algoritmo que resultó efectivo para resolverlo. De este modo, se dio comienzo a **grandes investigaciones y trabajos en el área de ruteo de vehículos**. El problema VRP se corresponde con el **problema del viajero** (TSP, Travelling Salesman Problem). El problema TSP pertenece al grupo de problemas **NP-completos**, es decir **no existe una función matemática que lo resuelva en tiempo polinomial**. Esto ha llevado a muchos investigadores a explorar diversos métodos para abordarlos. La mayoría de estos métodos pueden clasificarse como “**exactos**” o de “**optimización**” (Aarts y Lenstra, 2003).

Durante los años sesenta, los investigadores trataban de responder la siguiente pregunta: ¿existe un algoritmo de optimización con tiempo de ejecución polinomial para un problema como el TSP? Hasta ahora, nadie ha conseguido encontrar respuesta a esta pregunta. Sin embargo Karp, en 1972 mostró que si la respuesta es “si” para el TSP, hay también otros problemas difíciles para los cuales podría hallarse un algoritmo polinomial. Como no se ha encontrado solución para ninguno de estos problemas, Reeves en 1996 dice que esto sugiere categóricamente que la respuesta a la pregunta original es “no”. Por ello mismo, el área de optimización combinatoria resulta cada vez más atrayente para investigadores y académicos, ya que cualquier contribución en este aspecto tiene repercusiones directas en la industria.

### 3.1.2 Problema de ruteo de vehículos (VRP)

A grandes rasgos un problema de ruteo de vehículos (VRP) consiste en, dado un conjunto de clientes y depósitos dispersos geográficamente y una flota de vehículos, **determinar un conjunto de rutas de costo mínimo que comiencen y terminen en los depósitos**, para que los vehículos visiten a los clientes máximo una vez.

En las dos figuras de abajo se puede ver una imagen de partida típica para un **problema VRP** y una de sus **posibles soluciones**.

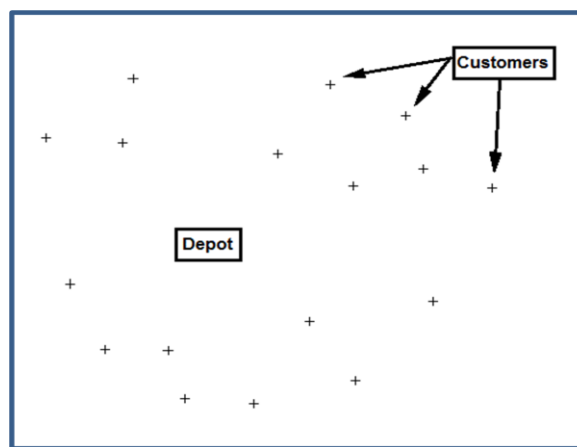


Figura 3.1.2.1

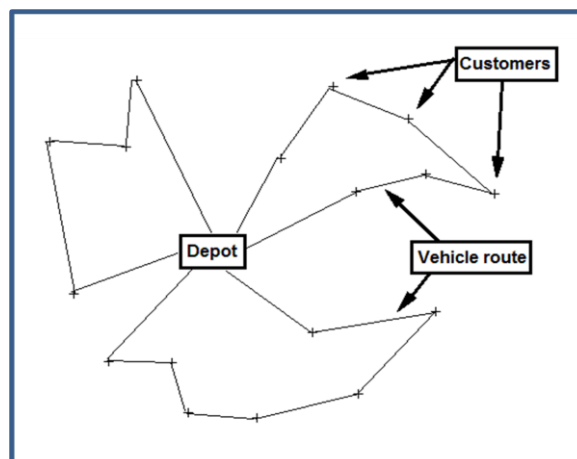


Figura 3.1.2.2

Dentro de esta definición, el problema se ubica en un amplio conjunto de **variantes**:

- **CVRP** (Capacitated VRP) (Ralphs, Hartman y Galati, 2001).
- **MDVRP** (Multi-Depot VRP) (Hjorring, 1995).
- **PVRP** (Periodic VRP) (Baptista, Oliveira y Zúquete, 2002).

- **SDVRP** (Split Delivery VRP) (Dror, Laporte y Trudeau, 1994; Archetti, Mansini y Speranza, 2001).
- **SVRP** (Stochastic VRP) (Laporte y Louveaux, 1998).
- **VRPB** (VRP with Backhauls) (Ralphs, Hartman y Galati, 2001); (Jacobs-Blecha y Goetschalckx, 1992).
- **VRPPD** (VRP with Pick-Up and Delivering) (Righini, 2000).
- **VRPSF** (VRP with Satellite Facilities) (Bard et al., 1997).
- **VRPTW** (VRP with Time Windows) (Cordeau et al., 2002).

### 3.1.3 Variantes a analizar para la resolución del proyecto

#### 3.1.3.1 VRPTW

El **VRPTW** es el mismo problema que el VRP con la **restricción** adicional de que en el VRPTW **se asocia una ventana temporal a cada cliente**, que se define como el intervalo de tiempo en el que un cliente puede ser servido. Una descripción formal del problema sería la siguiente:

**Objetivo:** minimizar la flota de vehículos y la suma del tiempo total de viaje y espera necesitado para suministrar a todos los clientes en sus horas solicitadas.

**Viabilidad:** el VRPTW respecto del VRP se caracteriza por las siguientes restricciones adicionales:

- Una solución pasa a ser inviable si un cliente es suministrado tras la cota superior de su ventana temporal.
- Si un vehículo llega antes del límite inferior de la ventana temporal del cliente genera un tiempo de espera adicional en la ruta.
- Cada ruta debe empezar y terminar dentro de la ventana temporal del almacén.

- En el caso de ventanas temporales amplias, un servicio tardío no afecta a la viabilidad de la solución, pero es penalizado añadiendo un valor a la función objetivo.

En la figura 3.1.3.1.1 se muestra un grafo de una posible solución del VRPTW. Las barras blancas y azules representan la ventana temporal, donde la parte blanca representa el momento en el que puede ser servido el cliente, la línea roja muestra el momento en el que es servido un cliente.

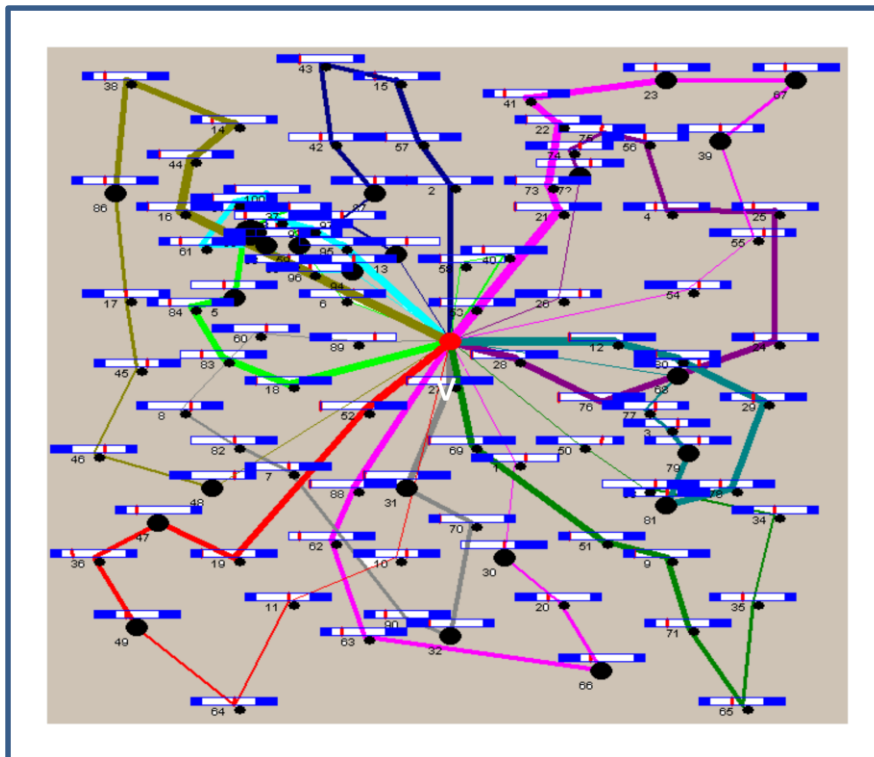


Figura 3.1.3.1.1

### 3.1.3.2 CVRP

**CVRP** es un **problema de enrutamiento** de vehículos en el que una flota fija de vehículos de reparto con capacidad uniforme debe dar servicio a unos clientes, conocidas sus demandas desde un almacén común con un coste mínimo de trayecto. Es decir, CVRP es **como VRP con la restricción adicional de que cada vehículo debe tener una capacidad uniforme de un solo producto básico**. Una descripción formal del problema sería la siguiente:

**Objetivo:** el objetivo es **minimizar la flota de vehículos y la suma del tiempo de viaje**. La demanda total de productos en cada ruta, no puede exceder la capacidad del vehículo que opera en ella.

**Viabilidad:** una solución es viable si la cantidad total asignada a cada recorrido, no supera la capacidad del vehículo que da servicio a la ruta.

**Formulación:** se va a denotar la capacidad de un vehículo. Matemáticamente, una solución para el CVRP es la misma que una VRP, pero con la restricción adicional de que la demanda total de todos los clientes suministrados en un recorrido no supere la capacidad del vehículo.

En la figura 3.1.3.2.1 se muestra un grafo de una posible solución del CVRP.

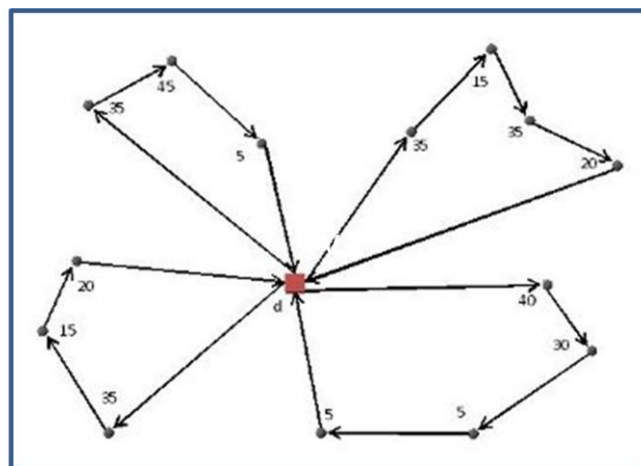


Figura 3.1.3.2.1

### 3.1.3.3 CVRPTW

Se trata de la **variante del VRP**, la cual encaja perfectamente en la resolución de este PFM, una **composición de CVRP + VRPTW**, y que trata de **optimizar una función objetivo de coste del sistema**, teniendo en cuenta las **ventanas de tiempo de los clientes y la capacidad de los vehículos**.

En la figura 3.1.3.3.1 se muestra un grafo de una posible solución del CVRPTW.

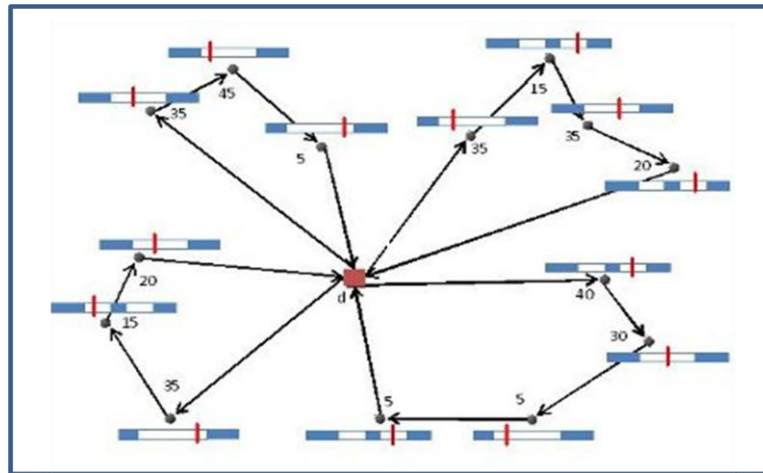


Figura 3.1.3.3.1

## 3.2 Herramienta de localización geográfica por satélite

A lo largo de todo el proyecto, se ha visto la necesidad de **localizar** en el mapa de la ciudad de Zaragoza los diferentes **locales comerciales** seleccionados para el estudio, en los que se comercializa con este tipo de producto perecedero, la fruta. Para ello se ha utilizado una de las herramientas disponibles a nivel de usuario y comúnmente utilizada por la población, **Google Maps**, es el nombre de un servicio de Google, un servidor de aplicaciones de mapas en la web que ofrece **imágenes de mapas desplazables**, así como fotos satélites del mundo e incluso la ruta entre diferentes ubicaciones o imágenes a pie de calle: **Google Street View**.

Con todas estas aplicaciones, que han sido de gran utilidad, se ha podido llegar a determinar la **distribución** de las fruterías por la ciudad de un modo muy **visual**. Se ha analizado la tipología de vía en la que se encontraba el establecimiento, mediante las imágenes a pie de calle que facilita Google Street y se ha podido **medir distancias entre** todos y cada uno de los **nodos** (fruterías) incluido el almacén al que se ha hecho referencia.

### 3.3 Herramienta de informática utilizada

La **herramienta informática** utilizada en la resolución del TFM, fue creada en el 2005 por el **Dr David Escuín Finol** en su PFC. Este programa está sustentado en dos paquetes diferenciados: el primero de ellos atañe al **módulo de resolución** del problema y todos los algoritmos de cálculo implementados; el segundo **configura y presenta una interfaz gráfico de usuario** que permite el uso adecuado y fácil de todas las funcionalidades.

La herramienta permite al usuario la **resolución de su problema de reparto** de mercancías a través de un manejo fácil, sencillo e intuitivo de las diferentes ventanas y menús que le permiten configurar e indicar, en cierto modo, el camino hasta conseguir la solución que más satisfaga. A continuación se describen los pasos y funcionalidades más importantes que caracterizan la aplicación.

Para comenzar, se deberá **introducir** en el sistema un **fichero** con los **datos** de los **clientes** que componen el enunciado del problema. El programa proporciona un editor de texto con las funciones habituales para tal fin y un módulo de verificación de carga y validación de datos.

Una vez hecho todo esto, se podrá comenzar a resolver el problema **ejecutando** los diferentes **procesos** que conllevan a la solución. Estos procesos son los correspondientes a la construcción de rutas, reducción de rutas o mejora de la distancia de la solución.

El primero de ellos, **construcción de rutas**, es el que tiene que ser procesado en primer lugar si no se dispone de ninguna solución. El **resultado** conseguido no será, en principio, de **gran calidad**.

Para **mejorar** la solución se dispone de dos **procedimientos** que la herramienta suministra y que son los ya citados como **reducción de rutas y mejora de la solución en base a metaheurísticas**. El orden teórico sería el de ejecutar el primero y a continuación, una vez conforme con el número de rutas, el segundo. Esto es así porque de seguir los pasos en orden inverso no se llegaría a una buena solución si bien nada impide al usuario la ejecución de los procesos que considere más oportunos.

Este programa también permite la **visualización gráfica de la solución** en un plano en dos dimensiones situando a los clientes en sus coordenadas y **mostrando** las **rut**as calculadas. De esta manera se comprueba que el algoritmo ha seguido el proceso esperado y se pueden buscar aquellos clientes que favorezcan o entorpezcan la solución. Y por supuesto, puede ayudar a la toma de decisiones para el problema especificado.

**Este sistema es denominado Mapa de ruta** y en él se situará el almacén y los clientes distinguiendo el primero del resto a través de un símbolo más visible (la herramienta pinta un círculo más grande). Una vez hecho esto, la aplicación proporcionará al usuario diferentes herramientas para facilitar la labor de investigación.



---

# CAPÍTULO 4

---

En el presente capítulo, se **enumeran** y **detallan** cada uno de los distintos **elementos** que entran a formar parte de la **composición** del **problema** y que un mínimo cambio en ellos modifica el resultado del mismo.

Muchas de las fuentes de información, son basadas en la experiencia profesional de autónomos del sector, en los que se ha basado la información para poder acercar lo máximo posible a la realidad la realización y los resultados de este proyecto.

## 4.1 Selección de fruterías

Para la realización de este PFM se ha realizado un muestreo de **26 fruterías independientes** de mercados y **59 fruterías**, que si lo eran, **agrupadas en 7 mercados**, por lo que las marcas de localización geográfica en el mapa son 34, contando con el centro logístico de la ciudad MZ. La selección de dichas fruterías ha estado sujeta a una serie de criterios. Todos los barrios céntricos debían tener alguna frutería dentro del cómputo total, se tenía que tener un máximo de 4 fruterías por barrio y la distribución de estas en el plano de Zaragoza tenía que quedar homogénea.

La selección de fruterías, las cuales se han ordenado por su código postal, se muestra en la figura 4.1.1.

FRUTERÍAS		FRUTERÍAS	
1	1) Calle Mayor, 47. Frutas Nani, 50001, Zaragoza	18	18) Calle de la Duquesa de Villahermosa, 127. Fruteria Garcia Trébol, 50009, Zaragoza
2	2) San Vicente de Paul, 21. Mercado San Vicente de Paul, 50001, Zaragoza	19	19) Avenida de Juan Carlos I, 35. Fruteria Cester, 50009, Zaragoza
3	3) Calle de la Batalla de Pavia, 19. Frutas y Verduras Jesús, 50002, Zaragoza	20	20) Calle de San Francisco de Borja, 35. Fruteria Taldera, 50009, Zaragoza
4	4) Avenida de Compromiso de Caspe, 42. Mercado Fuentes-Caspe, 50002 Zaragoza	21	21) Calle de la Vía, 16. Jose Luis Clos Francés, 50009, Zaragoza
5	5) Calle de Salvador Minguijón, 47. Frutas Fernando, 50002 Zaragoza	22	22) Calle de la Duquesa de Villahermosa, 36. Mercado, 50010, Zaragoza.
6	6) Avenida de Pablo Gargallo, 103. Ana Cusape Armingol, 50003 Zaragoza	23	23) Avenida de Madrid, 108. Frutas Contamina, 50010, Zaragoza
7	7) Calle de la Batalla de Almansa, 5. Frutas y Verduras Antonio, 50003, Zaragoza	24	24) Calle de Pilar Aranda, 2. Spar, 50011, Zaragoza
8	8) Mercado Central, s/n. Asociación detallistas del Mercado Central, 50003, Zaragoza	25	25) Calle Riglos, 8. Sanara, 50012, Zaragoza
9	9) Calle de Madre Sacramento, 24. Fruteria Verduleria, 50004, Zaragoza	26	26) Carretera de Cogullada, 65. Mercazaragoza, 50014, Zaragoza
10	10) Calle Alfonso X 'El Sabio', 8. Fruteria Perla, 50006, Zaragoza	27	27) Calle Isla de Ibiza, 89. Tere y Manolo, 50014, Zaragoza
11	11) Calle de Vista Alegre, 1. Frutas Carmina, 50007, Zaragoza	28	28) Calle de Balbino Orensanz, 41. Fruteria Sonia, 50014, Zaragoza
12	12) Paseo de Cuellar, 37. Mercado de Cuellar, 50007, Zaragoza	29	29) Avenida Salvador Allende, 87. Sabor de Aragón, 50015, Zaragoza
13	13) Calle de José Nebra, 8. Frutas y Verduras Hermanos Galindo, 50007, Zaragoza	30	30) Avenida San Juan de la Peña, 133. Mercado San Juan de la Peña, 50015, Zaragoza
14	14) Avenida América, 83. Frutas Isla, 50007, Zaragoza	31	31) Calle Isla Gran Canaria, 19. Frutas y Verduras Luis Alberto, 50015, Zaragoza
15	15) Calle de San Viator, 39. La Aguatera, 50007, Zaragoza	32	32) Calle Garcia Arista, 15. Frudisol S.L, 50015, Zaragoza
16	16) Avenida de Cesáreo Alierta, 37. Frutas Rosalia, 50008, Zaragoza	33	33) Calle Rioja, 1. Mercado Avenida Madrid, 50017, Zaragoza
17	17) Paseo de las Damas, 36. Frutas las Damas, 50008, Zaragoza	34	34) Calle de Luis Legaz Lacambra, 16. Sjf Fruterias frescas 2007 S.L, 50018, Zaragoza

Figura 4.1.1



Una vez conocidas las direcciones de los puntos de interés, se necesita una **distribución exacta** sobre el **mapa** de la ciudad de Zaragoza, para lo cual, como se ha visto en el capítulo 3, se utiliza una herramienta de google denominada **google maps**, con la que introduciendo las direcciones deseadas se obtienen los puntos de localización correspondientes de fruterías y mercados. Esta distribución en el mapa se observa en la figura 4.1.2.

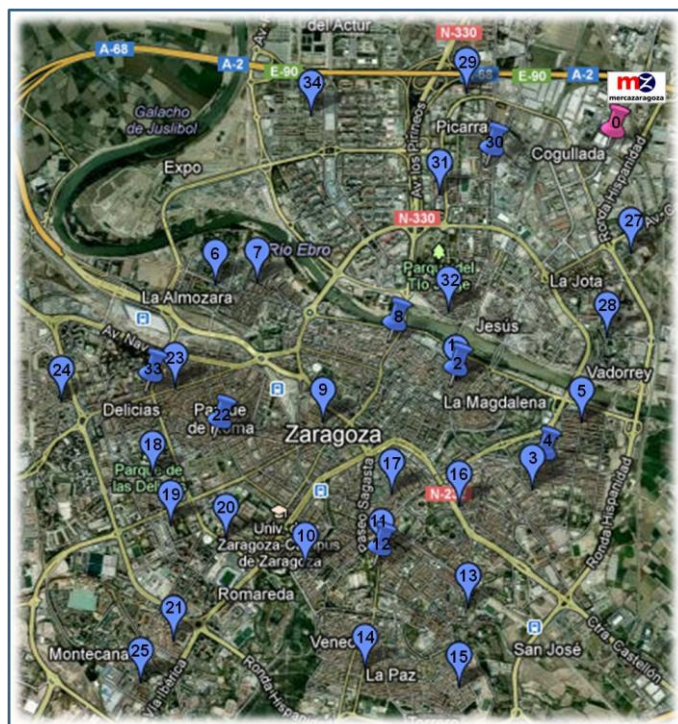


Figura 4.1.2

## 4.2 Análisis de los tipos de vías.

Una vez dispuestas las fruterías sobre el mapa de la ciudad, se analiza el **tipo de vía** en el que se encuentra su ubicación, con el fin de obtener una tipología de vías a las cuales designar a posteriori, un vehículo para realizar el reparto. Tras el análisis, se llegó a la siguiente tipología:

### 4.2.1 Vías rojas

Vías de **difícil acceso y dificultad de estacionamiento**. Aquellas calles, normalmente localizadas en el casco histórico de la ciudad, con dimensiones reducidas, las cuales limitan el uso de vehículos a transitar por ellas. A lo largo del PFM se designarán con el color rojo, asimilándolo a la dificultad que acarrea circular por ellas y estacionar.

Incluidas dentro de esta tipología, han quedado las siguientes fruterías (ver figura 4.2.1), de las cuales, se puede ver en detalle la calle en la que se encuentran y su localización en una vista cenital

FRUTERÍAS		
0	0) Carretera de Cogullada, 65. Mercazaragoza, 50014, Zaragoza	
1	1) Calle de la Batalla de almansa, 5. Frutas y Verduras Antonio, 50003, Zaragoza	Figura 4.2.1.1
2	2) Calle de la Via, 16. José Luis Clos Francés, 50009, Zaragoza	Figura 4.2.1.2
3	3) Calle Alfonso X 'El Sabio', 8. Fruteria Perla, 50006, Zaragoza	Figura 4.2.1.3
4	4) Calle de Vista Alegre, 1. Frutas Carmina, 50007, Zaragoza	Figura 4.2.1.4
5	5) Paseo de las Damas, 36. Frutas las Damas, 50008, Zaragoza	Figura 4.2.1.5
6	6) Calle de Madre Sacramento, 24. Fruteria verduleria, 50004, Zaragoza	Figura 4.2.1.6
7	7) Calle Mayor, 47. Frutas Nani, 50001, Zaragoza.	Figura 4.2.1.7

Figura 4.2.1



Figura 4.2.1.1



Figura 4.2.1.2



Figura 4.2.1.3



Figura 4.2.1.4



Figura 4.2.1.5



Figura 4.2.1.6



Figura 4.2.1.7

## 4.2.2 Vías amarillas

Vías de **fácil acceso y dificultad de estacionamiento**. Por lo general, son calles localizadas en barrios menos antiguos que el casco histórico y cuyas dimensiones de calzada son más anchas, pero tienen el inconveniente de ser calles

con mucho tránsito de vehículos que hacen complejo e incómodo el estacionamiento. A lo largo del PFM se designarán con el color amarillo, asimilándolo a una dificultad media que acarrea circular por ellas y estacionar.

Incluidas dentro de esta tipología han quedado las fruterías recogidas en la figura 4.2.2, las cuales podemos ver en detalle y su localización en una vista cenital a continuación.













FRUTERÍAS		
	0) Carretera de Cogullada, 65. Mercazaragoza, 50014, Zaragoza	
	1) Calle Isla de Gran Canaria, 19. Frutas y Verduras Luis alberto, 50015, Zaragoza	Figura 4.2.2.1
	2) Avenida Pablo Gargallo, 103. Ana Cusape Armingol, 50003, Zaragoza	Figura 4.2.2.2
	3) Avenida Madrid, 108. Frutas Contamina, 50010, Zaragoza	Figura 4.2.2.3
	4) Calle Pilar Aranda, 2. Spar, 50010, Zaragoza	Figura 4.2.2.4
	5) Calle de San Francisco de Borja, 35. Fruteria Taladera, 50009, Zaragoza	Figura 4.2.2.5
	6) Avenida de América, 83. Frutas Isla, 50007, Zaragoza	Figura 4.2.2.6
	7) Calle de San Viator, 39. La Aguatera, 50007, Zaragoza	Figura 4.2.2.7
	8) Avenida Cesáreo Alierta, 37. Frutas Rosalia, 50008, Zaragoza	Figura 4.2.2.8
	9) Calle de Salvador Minguijón, 47. Frutas Fernando, 50002, Zaragoza	Figura 4.2.2.9
	10) Calle de Balbino Orensanz, 41. Fruteria Sonia, 50014, Zaragoza	Figura 4.2.2.10
	11) Calle Garcia Arista, 15. Frudisol S.L., 50015, Zaragoza	Figura 4.2.2.11

Figura 4.2.2



Figura 4.2.2.1



Figura 4.2.2.2



Figura 4.2.2.3



Figura 4.2.2.4



Figura 4.2.2.5





Figura 4.2.2.6



Figura 4.2.2.7



Figura 4.2.2.8



Figura 4.2.2.9



Figura 4.2.2.10



Figura 4.2.2.11

### 4.2.3 Vías verdes

Vías de **fácil acceso y fácil estacionamiento**. Estas calles son de los barrios más recientes de la ciudad, en los cuales predominan las calles anchas, con más de dos carriles en las cuales el realizar una parada para descargar la mercancía no supone un problema para el conductor del vehículo. A lo largo del PFM se designarán con el color verde, asimilándolo a una baja dificultad la que acarrea circular por ellas y estacionar.

Incluidas dentro de esta tipología, han quedado las siguientes fruterías (figura 4.2.3), de las cuales, podemos ver en detalle la calle en la que se encuentran y su localización en una vista cenital.

FRUTERÍAS		
0	0) Carretera de Cogullada, 65. Mercazaragoza, 50014, Zaragoza	
1	1) Avenida Salvador Allende, 87. Sabor de Aragón, 50015, Zaragoza	Figura 4.2.3.1
2	2) Calle de Luis Legaz Lacambra, 16. Sif fruterias frescas 2007 S.L, 50018, Zaragoza	Figura 4.2.3.2
3	3) Calle Rioja, 1. Mercado Avenida Madrid, 50017, zaragoza	Figura 4.2.3.3
4	4) Calle de la Duquesa de Villahermosa, 36. Mercado, 50010, Zaragoza	Figura 4.2.3.4
5	5) Calle de la Duquesa de Villahermosa, 127. Fruteria Garcia Trébol, 50009, Zaragoza	Figura 4.2.3.5
6	6) Avenida de Juan Carlos I, 35. Fruteria Cester, 50009, Zaragoza	Figura 4.2.3.6
7	7) Calle Riglos, 8. Sanara, 50012, Zaragoza	Figura 4.2.3.7
8	8) Paseo Cuellar, 37. Mercado cuellar, 50007, Zaragoza.	Figura 4.2.3.8
9	9) Calle de José Nebra, 8. Frutas y Verduras Hermanos Galindo, 50007, Zaragoza	Figura 4.2.3.9
10	10) Calle de la Batalla de Pavia, 19. Frutas y Verduras Jesus, 50002, Zaragoza	Figura 4.2.3.10
11	11) Avenida Compromisa de Caspe, 42. Mercado Fuentes-Caspe, 50002, Zaragoza	Figura 4.2.3.11
12	12) San Vicente de Paul, 21. Mercado San Vicente de Paul, 50001, Zaragoza	Figura 4.2.3.12
13	13) Mercado Central, s/n. Asociación de Detallistas del Mercado Central, 50003, Zaragoza	Figura 4.2.3.13
14	14) Calle Isala de Ibiza, 9. Tere y Manolo, 50014, Zaragoza	Figura 4.2.3.14
15	15) Avenida San de la Peña, 133. Mercado San Juan de la Peña, 50015, Zaragoza	Figura 4.2.3.15

Figura 4.2.3



Figura 4.2.3.1



Figura 4.2.3.2

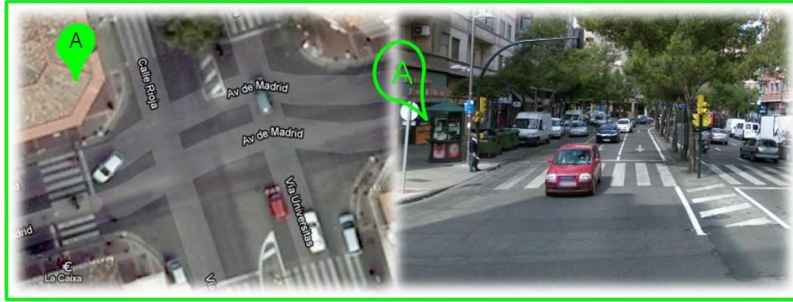


Figura 4.2.3.3



Figura 4.2.3.4



Figura 4.2.3.5



Figura 4.2.3.6



Figura 4.2.3.7



Figura 4.2.3.8



Figura 4.2.3.9



Figura 4.2.3.10



Figura 4.2.3.11

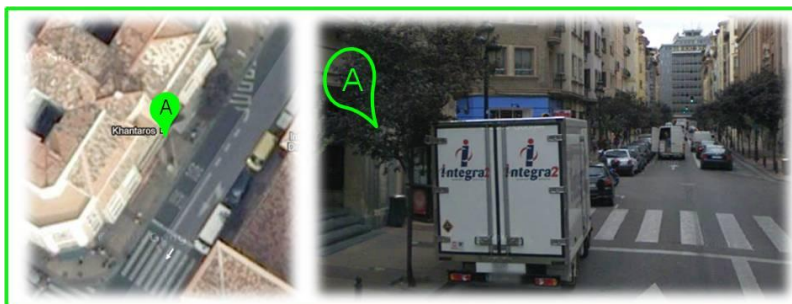


Figura 4.2.3.12



Figura 4.2.3.13



Figura 4.2.3.14



Figura 4.2.3.15

A continuación se muestra como queda la distribución y localización de fruterías en el mapa siguiendo la tipología de calles anterior.

### Fruterías rojas

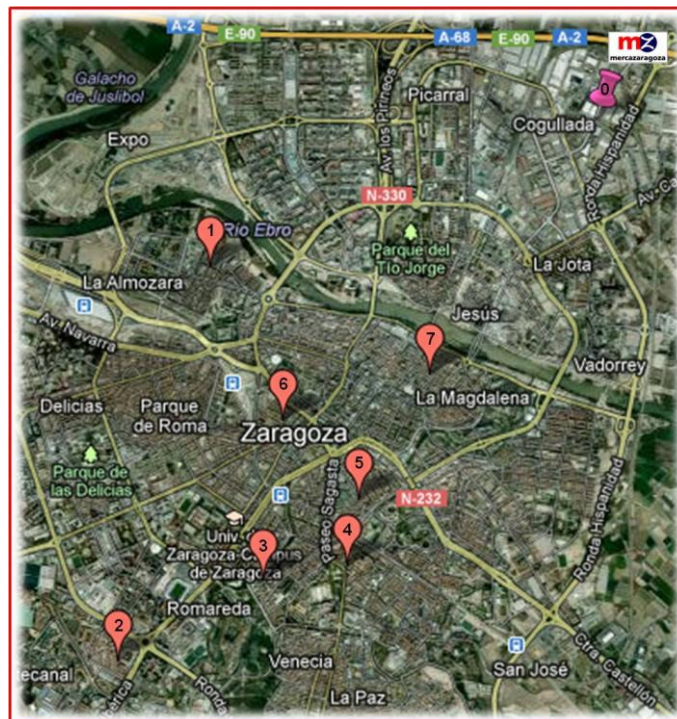


Figura 4.2.4

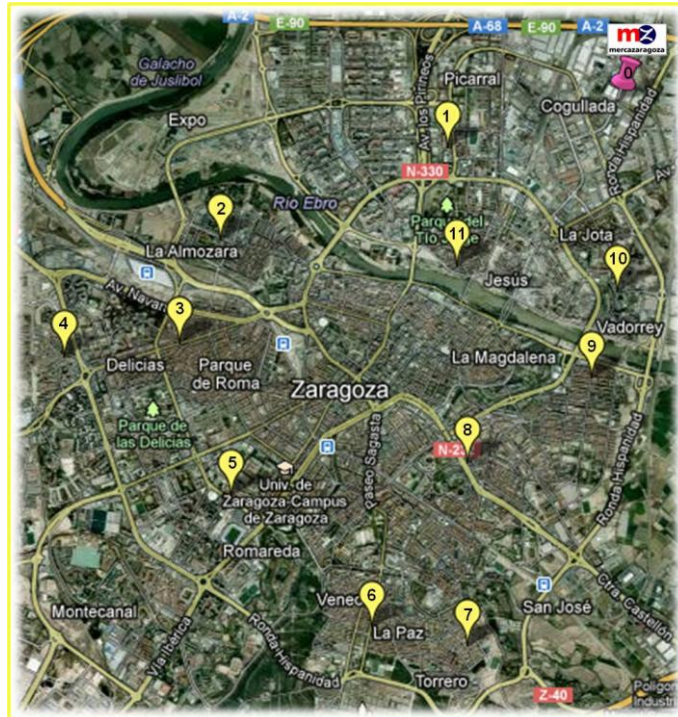
Fruterías amarillas

Figura 4.2.5

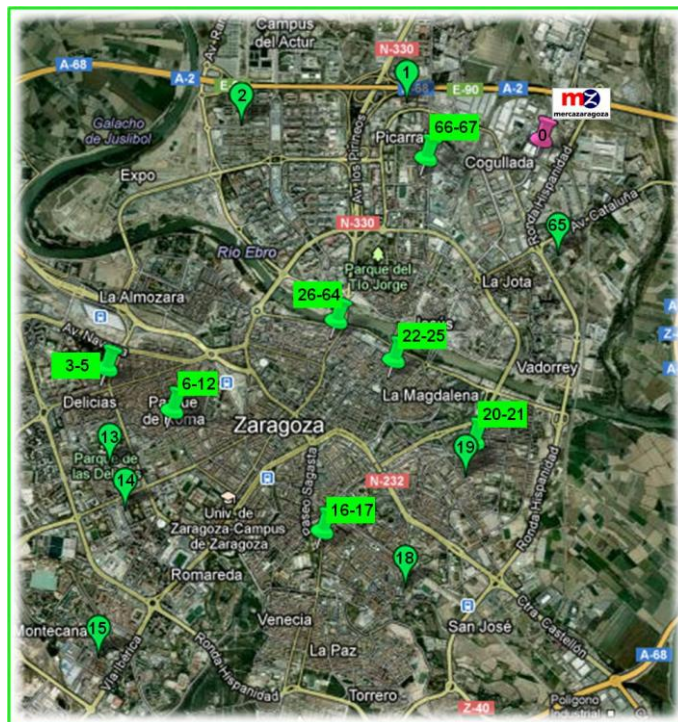
Fruterías verdes

Figura 4.2.6



## 4.3 Demanda de las fruterías

### 4.3.1 Demanda diaria frutería Perales

Para llegar a la flota óptima de vehículos necesarios al realizar la distribución de la mercancía a las diferentes fruterías, se necesita una **demanda aproximada y diaria** de cada una de las fruterías a las que se va a dar servicio, de tal forma, que para poder llegar a hacer el estudio de la **manera más próxima a la realidad**, se ha recurrido a un profesional del sector (José Ignacio Perales), con establecimiento en Calle Rioja, 1, (Mercado Av. Madrid), 50017 Zaragoza y nombre del local frutería Perales.

En dicho establecimiento, se determinó un pedido estándar diario, el cual, se detalla en la tabla que se muestra a continuación. En la misma tabla se enumeran los formatos de cajas de transporte, en los cuales el Sr. José Ignacio transporta la mercancía en su furgoneta desde MZ a su establecimiento. Sobre estos formatos de caja se hablará en los próximos apartados.

Formato	Cantidad
Petit	15 unidades
Un manto	30 unidades
Dos mantos	20 unidades
Tres mantos	10 unidades
Sacos	4 de 15 kg

Figura 4.3.1.1

### 4.3.2 Formatos estándar de cajas de transporte

#### Caja de un manto

Caja de **plástico compatible** con el **transporte de frutas y hortalizas**, realizada por inyección de plástico y de dimensiones **300 mm x 500 mm x 100 mm** (ancho largo alto).



Figura 4.3.2.1 (1 manto)

#### Caja de dos mantos

Caja de **plástico compatible** con el **transporte de frutas y hortalizas**, realizada por inyección de plástico y de dimensiones **300 mm x 500 mm x 200 mm** (ancho largo alto).



Figura 4.3.2.2 (2 mantos)

#### Caja de tres manto

Caja de **plástico compatible** con el **transporte de frutas y hortalizas**, realizada por inyección de plástico y de dimensiones **300 mm x 500 mm x 300 mm** (ancho largo alto).

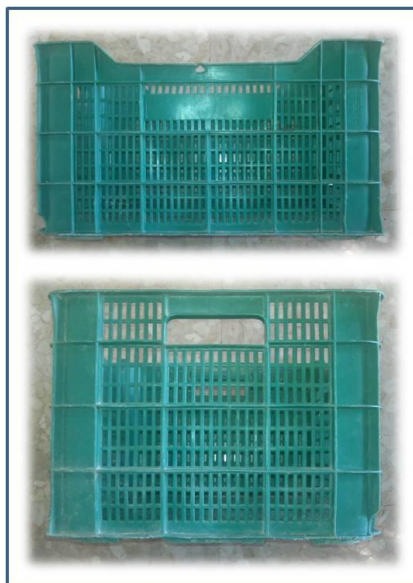


Figura 4.3.2.3 (3 mantos)

#### Caja Petite

Caja de **plástico compatible** con el **transporte de frutas y hortalizas**, realizada por inyección de plástico y de dimensiones **300 mm x 400 mm x 150 mm** (ancho largo alto).



Figura 4.3.2.4 (Petit)

### 4.3.3 Homogeneización de carga

Al tratarse de un estudio de investigación, se procede a **unificar la carga**, de manera que sea de un trato más sencillo a la hora de poderlo implementar en el programa informático.

Tomaremos como **unidad de carga una caja de tres mantos**, cuyas dimensiones han sido descritas antes, trasladando todas las medidas de cajas existentes hasta ahora a dicha unidad.

#### Unificación de carga



Figura 4.3.3.1

### 4.3.4 Pedidos de fruterías y homogeneización

Una vez conocida la demanda diaria de una frutería en concreto y sus formas de transporte desde la plataforma logística MZ hasta su establecimiento, se puede proceder a realizar de forma más real, una **aproximación** de las **demandas** de las demás **fruterías seleccionadas** anteriormente.

La demanda de todas las fruterías utilizadas en este PFM, dando valores de cantidad de cada uno de los modelos de cajas utilizados y su equivalencia a la unidad de carga establecida, es la siguiente:

- Demanda de fruterías rojas (figuras de la 4.3.4.1 a la 4.3.4.7)

Frutería 1		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	16	6,4
1 manto	29	9,67
2 mantos	21	14
3 mantos	10	10
Sacos 15 Kg	3	1
	Total	41,07
	Aproximación	41

Figura 4.3.4.1

Frutería 2		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	13	5,2
1 manto	27	9
2 mantos	18	12
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	3	1
	Total	35,2
	Aproximación	35

Figura 4.3.4.2

Frutería 3		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	18	7,2
1 manto	33	11
2 mantos	24	16
3 mantos	14	14
Sacos 15 Kg	6	2
	Total	50,2
	Aproximación	50

Figura 4.3.4.3

Frutería 4		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	18	7,2
1 manto	33	11
2 mantos	22	14,67
3 mantos	13	13
Sacos 15 Kg	6	2
	Total	47,87
	Aproximación	48

Figura 4.3.4.4

Frutería 5		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	17	6,8
1 manto	32	10,67
2 mantos	23	15,33
3 mantos	11	11
Sacos 15 Kg	5	1,67
	Total	45,47
	Aproximación	45

Figura 4.3.4.5

Frutería 6		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	17	6,8
1 manto	32	10,67
2 mantos	23	15,33
3 mantos	12	12
Sacos 15 Kg	6	2
	Total	46,8
	Aproximación	47

Figura 4.3.4.6

Frutería 7		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	16	6,4
1 manto	30	10
2 mantos	22	14,67
3 mantos	13	13
Sacos 15 Kg	5	1,67
	Total	45,73
	Aproximación	46

Figura 4.3.4.7

- Demanda de fruterías amarillas (figuras de la 4.3.4.8 a la 4.3.4.11)

Frutería 1		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	13	5,2
1 manto	27	9
2 mantos	19	12,67
3 mantos	9	9
Sacos 15 Kg	4	1,33
	Total	37,2
	Aproximación	37

Figura 4.3.4.8

Frutería 2		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	15	6
1 manto	31	10,33
2 mantos	19	12,67
3 mantos	10	10
Sacos 15 Kg	4	1,33
	Total	40,33
	Aproximación	40

Figura 4.3.4.9

Frutería 3		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	13	5,2
1 manto	27	9
2 mantos	19	12,67
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	4	1,33
	Total	36,2
	Aproximación	36

Figura 4.3.4.9

Frutería 4		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	13	5,2
1 manto	26	8,67
2 mantos	16	10,67
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	2	0,67
	Total	33,2
	Aproximación	33

Figura 4.3.4.10

Frutería 5		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	18	7,2
1 manto	33	11
2 mantos	22	14,67
3 mantos	13	13
Sacos 15 Kg	6	2
	Total	47,87
	Aproximación	48

Figura 4.3.4.11

Frutería 6		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	14	5,6
1 manto	28	9,33
2 mantos	18	12
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	3	1
	Total	35,93
	Aproximación	36

Figura 4.3.4.12

Frutería 7		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	13	5,2
1 manto	26	8,67
2 mantos	16	10,67
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	2	0,67
	Total	33,2
	Aproximación	33

Figura 4.3.4.13

Frutería 8		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	16	6,4
1 manto	32	10,67
2 mantos	24	16
3 mantos	12	12
Sacos 15 Kg	5	1,67
	Total	46,73
	Aproximación	47

Figura 4.3.4.14

Frutería 9		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	15	6
1 manto	31	10,33
2 mantos	19	12,67
3 mantos	12	12
Sacos 15 Kg	4	1,33
	Total	42,33
	Aproximación	42

Figura 4.3.4.15

Frutería 10		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	13	5,2
1 manto	26	8,67
2 mantos	17	11,33
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	3	1
	Total	34,2
	Aproximación	34

Figura 4.3.4.16

Frutería 11		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	12	4,8
1 manto	27	9
2 mantos	18	12
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	3	1
	Total	34,8
	Aproximación	35

Figura 4.3.4.17

- Demanda de fruterías verdes (figuras de la 4.4.4.18 a la 4.4.4.32)

Frutería 1		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	16	6,40
1 manto	28	9,33
2 mantos	20	13,33
3 mantos	10	10
Sacos 15 Kg	5	1,67
	Total	40,73
	Aproximación	41

Figura 4.3.4.18

Frutería 2		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	10	4
1 manto	27	9
2 mantos	16	10,67
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	3	1
	Total	32,67
	Aproximación	33

Figura 4.3.4.19

Mercado		
Frutería de 3 a 5		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	15	6
1 manto	30	10
2 mantos	20	13,33
3 mantos	10	10
Sacos 15 Kg	4	1,33
	Total	40,67
	Aproximación	41
Nº fruterías	3	123

Figura 4.3.4.20

Mercado		
Frutería de 6 a 12		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	14	5,6
1 manto	28	9,33
2 mantos	21	14
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	5	1,67
	Total	38,6
	Aproximación	39
Nº fruterías	7	273

Figura 4.3.4.21

Frutería 13		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	18	7,2
1 manto	33	11
2 mantos	22	14,67
3 mantos	14	14
Sacos 15 Kg	7	2,33
	Total	49,2
	Aproximación	49

Figura 4.3.4.22

Frutería 14		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	16	6,4
1 manto	32	10,67
2 mantos	23	15,33
3 mantos	12	12
Sacos 15 Kg	5	1,67
	Total	46,07
	Aproximación	46

Figura 4.3.4.23

Frutería 15		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	14	5,6
1 manto	28	9,33
2 mantos	17	11,33
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	4	1,33
	Total	35,6
	Aproximación	36

Figura 4.3.4.24

Mercado		
Frutería de 16 a 17		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	17	6,8
1 manto	32	10,67
2 mantos	23	15,33
3 mantos	10	10
Sacos 15 Kg	7	2,33
	Total	45,13
	Aproximación	45
Nº fruterías	2	90

Figura 4.3.4.25

Frutería 18		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	17	6,8
1 manto	32	10,67
2 mantos	21	14
3 mantos	13	13
Sacos 15 Kg	5	1,67
	Total	46,13
	Aproximación	46

Figura 4.3.4.26

Frutería 19		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	17	6,8
1 manto	31	10,33
2 mantos	20	13,33
3 mantos	12	12
Sacos 15 Kg	4	1,33
	Total	43,8
	Aproximación	44

Figura 4.3.4.27

Mercado		
Frutería de 20 a 21		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	15	6
1 manto	27	9
2 mantos	20	13,33
3 mantos	8	8
Sacos 15 Kg	3	1
	Total	37,33
	Aproximación	37
Nº fruterías	2	74

Figura 4.3.4.28

Mercado		
Frutería de 22 a 25		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	20	8
1 manto	35	11,67
2 mantos	25	16,67
3 mantos	15	15
Sacos 15 Kg	7	2,33
	Total	53,67
	Aproximación	54
Nº fruterías	4	216

Figura 4.3.4.29

Mercado		
Frutería de 26 a 64		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	23	9,2
1 manto	35	11,67
2 mantos	24	16
3 mantos	16	16
Sacos 15 Kg	9	3
	Total	55,87
	Aproximación	56
Nº fruterías	39	2184

Figura 4.3.4.30

Frutería 65		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	16	6,4
1 manto	30	10
2 mantos	22	14,67
3 mantos	10	10
Sacos 15 Kg	5	1,67
	Total	42,73
	Aproximación	43

Figura 4.3.4.31



Mercado		
Frutería de 66 a 67		
Pedido	Cantidad	Equivalencia en caja 3 mantos
Petite	12	4,8
1 manto	24	8
2 mantos	17	11,33
3 mantos	7	7
Sacos 15 Kg	2	0,67
	Total	31,8
	<b>Aproximación</b>	<b>32</b>
Nº fruterías	<b>2</b>	<b>64</b>

Figura 4.3.4.32

## 4.4 Vehículos a utilizar

La selección de vehículos para realizar los repartos por las diferentes fruterías de la ciudad, ha estado íntimamente relacionada con la tipología de vías antes planteada.

Cada tipología de **calle** nos marca el **tamaño máximo** de **vehículo** que debemos hacer transitar por ella, de tal forma que su fluidez en el tránsito y en el estacionamiento, sea la más acorde posible. Los vehículos serán los más pequeños para la tipología de calle roja y los más grandes para la tipología de calle verde.

Estos vehículos son:

- **Volkswagen Caddy furgón**, el cual se utilizará en la tipología de **calle roja**
- **Volkswagen Transporter furgón**, el cual se utilizará en la tipología de **calle amarilla**.
- **Volkswagen Transporter chasis**, el cual se utilizará en la tipología de **calle verde**.

### 4.4.1 Características de los vehículos

A continuación se mostrará las **características** de cada uno de los **vehículos** que son el motivo por el cual han sido seleccionados. Se trata de tres vehículos de la marca **Volkswagen**, pero se podían haber elegido, vehículos de otras marcas que hubieran tenido características técnicas similares.

#### Volkswagen Caddy Furgón

Tamaño más pequeño a utilizar como vehículo de reparto (ver figura 4.4.1.1), para desplazarse por las **calles más complicadas** (en cuanto a dimensiones y estacionamiento se refiere) de Zaragoza.



Figura 4.4.1.1

Las **características técnicas** del vehículo se detallan en las siguientes tablas.

- Modelo del motor y consumos

Motor/modelo	1.6 I TDI 75 CV/55 kW BlueMotion Technology
Caddy Furgón	
Urbano	5,8
Interurbano	4,8
Promedio	5,2
Emisiones de CO <sub>2</sub> combinadas	136

Figura 4.4.1.2

- Pesos

Caddy Furgón								
Pesos								
Motor	Potencia (CV/kW)	Peso máximo admisible (kg)	Peso en vacío con conductor (kg) de-a	Carga útil o carga adm. (kg) de-a	Carga adm. sobre ejes delantero/t rasero (kg)	Carga adm. de remolque con freno, con pendiente del 12%/8%	Carga adm. de remolque sin freno (kg)	Peso de tracción admisible con pendiente del 12%/8% (kg)
TDI de 1.6l BlueMotion Technology	75/55	2175	1439-1609	736-566	1075/1230	1400/1500	710	3550/3675

Figura 4.4.1.3

- Dibujo acotado de dimensiones.

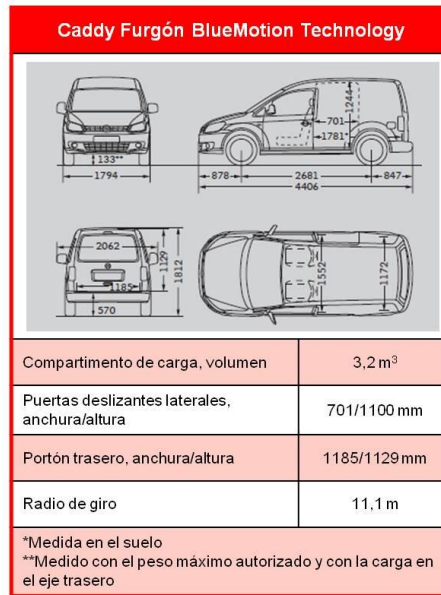


Figura 4.4.1.4

#### Volkswagen Transporter Furgón

Tamaño intermedio a utilizar como vehículo de reparto (ver figura 4.4.1.5), para desplazarse por las calles de **complejidad media** (en cuanto a dimensiones y estacionamiento se refiere) de Zaragoza.



Figura 4.4.1.5

Las **características técnicas** del vehículo se detallan en las tablas que se muestran a continuación.

- Modelo del motor y consumos

Consumos de combustible/emisiones de CO <sub>2</sub>	
Con cambio manual, consumos de combustible (l/100km) y emisiones de CO <sub>2</sub> combinadas (g/km), capacidad del depósito de aprox. 80l	
Motor/modelo	TDI de 2.0l 102 CV/75 kW
Transporter Furgón con techo normal o medio (ambos con batalla corta y larga)	
Urbano	9,4 - 9,7
Interurbano	6,0 - 6,3
Promedio	7,2 - 7,5
Emisiones de CO <sub>2</sub> combinadas	190 - 198

Figura 4.4.1.6

- Pesos

Peso máximo admisible (kg)	Motor	Potencia (CV/kW)	Asientos de - a	Peso en vacío con conductor (kg) <sup>1)2)</sup> de - a	Carga útil o carga adm. (kg) <sup>1)</sup> de - a	Carga adm. sobre ejes delantero/trasero (kg)	Carga adm. de remolque con freno, con pendiente del 12 % sin freno (kg)	Peso de tracción admisible con pendiente del 12% (kg)
Transporter Furgón con batalla corta (3000 mm) con techo normal o medio								
3200 <sup>3)</sup>	TDI de 2.0l	102/75	2- 3	1762 - 2178	1438 - 1022	1600 - 1720	2200 - 750	4900

Figura 4.4.1.7

- Dibujo acotado de dimensiones.

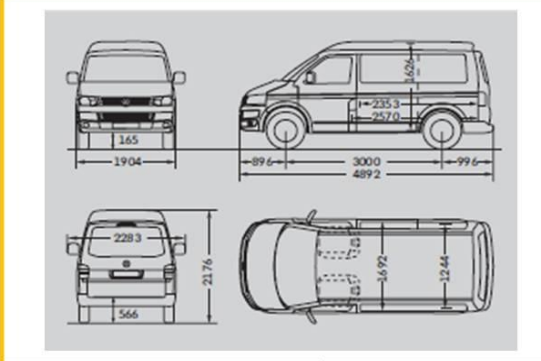
Transporter Furgón con batalla corta con techo medio	
	
Compartimento de carga, superficie/volumen	4,3 m <sup>2</sup> / 6,7 m <sup>3</sup>
Puerta deslizante, anchura/altura	1020/1284 mm
Portón trasero, anchura/altura	1486/1305 mm
Radio de giro	11,9 m

Figura 4.4.1.8

Volkswagen Transporter Chasis

Tamaño grande a utilizar como vehículo de reparto (ver figura 4.5.1.9), para desplazarse por las calles de **mínima dificultad** (en cuanto a dimensiones y estacionamiento se refiere) de Zaragoza. Este vehículo viene de serie sin carrozar, por lo que se ha supuesto un carrozado posterior de dimensiones legales adaptadas a las características técnicas del vehículo. Estas dimensiones de caja son: ancho (2200 mm), largo (2550 mm), alto (2200 mm)



Figura 4.4.1.9

Las características técnicas del vehículo se indican en las siguientes tablas.

- Modelo del motor y consumos

Consumos de combustible/emisiones de CO <sub>2</sub>	
Motor/modelo	TDI de 2.0l 140 CV / 103 kW
Urbano	9,9- 10,2
Interurbano	6,6 – 6,9
Promedio	7,8 – 8,1
Emisiones de CO <sub>2</sub> combinadas	206 - 214

Figura 4.4.1.10

- Pesos

Pesos							
Peso máximo admisible (kg)	Motor	Potencia (CV/kW)	Asientos de - a	Peso en vacío con conductor (kg) de - a	Carga útil o carga adm. (kg) de - a	Carga adm. sobre ejes delantero/trasero (kg)	Peso de tracción admisible con pendiente del 12% (kg)
Transporter Chasis con doble cabina con batalla larga (3400 mm)							
5000	TDI de 2.0l	140/103	2 - 6	2207 - 2723	2793 - 2277	1850/3500	7000-8000

Figura 4.4.1.11

- Dibujo acotado de dimensiones

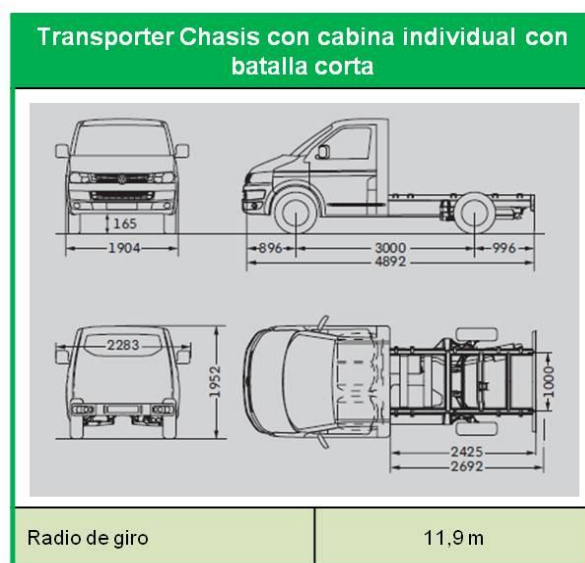


Figura 4.4.1.12

#### 4.4.2 Resumen de los vehículos a utilizar

Una vez determinadas las características de los vehículos, se realiza una **recopilación y análisis de los datos necesarios para el proyecto.**

La **motorización de los vehículos**, se ha determinado en tres clases, **75, 102 y 140 CV**. El motivo ha sido, en función de la capacidad de carga del vehículo y de su masa. El seleccionar un rango de 75 CV hacia arriba y no partir de la motorización más

pequeña en un valor más alto, es debido a que la fruta por su densidad, no es un material lo suficientemente pesado como si el vehículo, fuera a ser utilizado en otro sector.

En cuanto a los **consumos** se refiere, se utilizarán los **consumos urbanos** al tratarse de una distribución capilar por la ciudad de Zaragoza. En aquellos vehículos que dé el fabricante un rango de valores, se utilizará, el valor que resulte de hacer la media aritmética entre ellos.

En estos vehículos, están determinadas unas capacidades de **carga teóricas**, determinadas en  $m^3$ , estas capacidades al no ser útiles, **no se deben tener en cuenta** para los cálculos de estimación de capacidad de carga de cajas.

Basándose en los dibujos acotados que proporcionan los fabricantes en sus catálogos, se han estimado unas **dimensiones útiles**, las cuales se definen, como aquellas con las cuales se puede inscribir un prisma rectangular en el interior del vehículo. Estas estimaciones solo se tendrán en cuenta para los vehículos: Caddy furgón y Transporter furgón. Para el Transporter chasis no es necesario ya que al carrozarlo con una caja, las dimensiones teóricas se transforman en útiles instantáneamente.

Volkswagen Caddy Furgón								
Motor	Consumo (l/100 km)	Emisiones CO <sub>2</sub> (g/km)	Carga útil (kg)	Anchura útil (m)	Largura útil (m)	Altura útil (m)	Capacidad útil (m <sup>3</sup> )	Capacidad teórica (m <sup>3</sup> )
1.6l TDI 75 CV / 55 kW BlueMotion Technology	5,8	136	736	$(1,552+1,172)/2=1,362$	1,781	1,244	3,018	3,2
Volkswagen transporter Furgón								
2.0l TDI 102 CV / 75 kW / 250 Nm	9,7	198	1200	$(1,692+1,244)/2=1,468$	$(2,353+2,570)/2=2,462$	1,626	5,876	6,7
Volkswagen Transporter Chasis								
2.0l TDI 140 CV / 103 kW	10,4	214	1674	2,2	2,55	2,2	12,34	12,34

Figura 4.4.2.1

Una vez conocidas las capacidades útiles, y la unidad de carga a utilizar (caja de **3 mantos** de dimensiones **300 mm ancho, 500 mm largo y 300 mm alto**), se puede determinar la **capacidad máxima de cada vehículo**, la cual es pieza fundamental para poder llegar a optimizar una flota necesaria.

A continuación se analiza el **número de cajas** que caben **en cada uno de los vehículos**. Esta disposición se va a estudiar siguiendo dos posiciones de las cajas dentro del vehículo:

#### Disposición tipo A

Esta disposición consiste en la colocación de la caja, con el tamaño del largo, en la dirección de marcha del vehículo.

#### Disposición tipo B

Esta disposición consiste en la colocación de la caja, con el tamaño del largo perpendicularmente a la dirección en la cual se desplaza el vehículo.

Volkswagen Caddy Furgón											
	Ancho (a)	Largo (l)	Alto (al)	Nº cajas que entran en el vehículo			Total cajas	Disposición óptima			
				a	l	al		a	l	al	
Disposición tipo A	1362/300=4,54	1781/500=3,56	1244/300=4,15	4	3	4	48	4	3	4	
Disposición tipo B	1362/500=2,72	1781/300=5,93	1244/300=4,15	2	5	4	40				



Número de cajas	Máximo (70%)	Mínimo (30%)
48	34	14

Figura 4.4.2.2



Volkswagen Transporter Furgón											
	Ancho (a)	Largo (l)	Alto (al)	Nº cajas que entran en el vehículo			Total cajas	Disposición óptima			
				a	l	al		a	l	al	
Disposición tipo A	1468/300=4,89	2462/500=4,92	1626/300=5,42	4	4	5	80	4	4	5	
Disposición tipo B	1468/500=2,94	2462/300=8,21	1626/300=5,42	2	8	5	80				

↓

Número de cajas	Máximo (70%)	Mínimo (30%)
80	56	24

Figura 4.4.2.3

Volkswagen Transporter Chasis											
	Ancho (a)	Largo (l)	Alto (al)	Nº cajas que entran en el vehículo			Total cajas	Disposición óptima			
				a	l	al		a	l	al	
Disposición tipo A	2200/300=7,33	2500/500=5	2200/300=7,33	7	5	7	245	7	5	7	
Disposición tipo B	2200/55=4,4	2500/300=8,33	2200/300=7,33	4	8	7	224				

↓

Número de cajas	Máximo (70%)	Mínimo (30%)
245	172	74

Figura 4.4.2.4

## 4.5 Función objetivo

Una vez investigados y definidos los puntos anteriores del capítulo cuatro, se está en disposición de poder dar una **expresión** con la que una vez se obtengan los resultados del análisis, se pueda **resolver y expresar de manera cuantitativa la solución del TFM**.

Esta **resolución**, es el **número de vehículos óptimo de cada tipo para realizar el reparto**, los cuales podremos llegar a relacionar con la variable objetivo de costo en € totales de operación. Esta variable objetivo, se obtiene construyendo una **función objetivo** en la que se introduzcan todos datos que contribuyan a la obtención de esos costos totales de la operación de reparto.

Esa función objetivo (F.O.) queda determinada tal y como se va a mostrar a continuación.

$$F.O_{TOTAL} = F.O_{CF} + F.O_{TF} + F.O_{CHF}$$

$$F.O_{CF} = [(N^{\circ}_{CF} \times R_{CF} \times TTS_{CF}) + (TTS_{CF} \times TC) + (DT_{CF} \times C_{CF})]$$

$$F.O_{TF} = [(N^{\circ}_{TF} \times R_{TF} \times TTS_{TF}) + (TTS_{TF} \times TC) + (DT_{TF} \times C_{TF})]$$

$$F.O_{CHF} = [(N^{\circ}_{CHF} \times R_{CHF} \times TTS_{CHF}) + (TTS_{CHF} \times TC) + (DT_{CHF} \times C_{CHF})]$$

$$\begin{aligned} F.O_{TOTAL} &= [(N^{\circ}_{CF} \times R_{CF} \times TTS_{CF}) + (TTS_{CF} \times TC) + (DT_{CF} \times C_{CF})] + \\ &+ [(N^{\circ}_{TF} \times R_{TF} \times TTS_{TF}) + (TTS_{TF} \times TC) + (DT_{TF} \times C_{TF})] + \\ &+ [(N^{\circ}_{CHF} \times R_{CHF} \times TTS_{CHF}) + (TTS_{CHF} \times TC) + (DT_{CHF} \times C_{CHF})] \end{aligned}$$

Siendo:

$F.O_{CF}$  = Función objetivo para el tipo de vehículo Caddy Furgón.

$F.O_{TF}$  = Función objetivo para el tipo de vehículo Transporter Furgón.

$F.O_{CHF}$  = Función objetivo para el tipo de vehículo Chasis Furgón.

$N^{\circ}_{CF}$  = Número de vehículos Caddy Furgón utilizados para el reparto en la tipología de calles rojas.

$N^{\circ}_{TF}$  = Número de vehículos Transporter Furgón utilizados para el reparto en la tipología de calles amarillas.

$N^{\circ}_{CHF}$  = Número de vehículos Chasis Furgón utilizados para el reparto en la tipología de calles verdes.

$R_{CF}$  = Costo de renting de un vehículo Caddy Furgón (€/min).

$R_{TF}$  = Costo de renting de un vehículo Transporter Furgón (€/min).

$R_{CHF}$  = Costo de renting de un vehículo Chasis Furgón (€/min).

$TTS_{CF}$  = Tiempo total de servicio de los vehículos Caddy Furgón (min).

$TTS_{TF}$  = Tiempo total de servicio de los vehículos Transporter Furgón (min).

$TTS_{CHF}$  = Tiempo total de servicio de los vehículos Chasis Furgón (min).

$TC$  = Coste del tiempo de conducción de un chófer, para cualquiera de los vehículos a utilizar (€/min).

$DT_{CF}$  = Distancia total recorrida por los vehículos Caddy Furgón (Km).

$DT_{TF}$  = Sumatorio de los km recorridos por los vehículos Transporter Furgón (Km).

$DT_{CHF}$  = Sumatorio de los km recorridos por los vehículos Chasis Furgón (Km).

$C_{CF}$  = Coste del consumo del vehículo Caddy Furgón (€/Km)

$C_{TF}$  = Coste del consumo del vehículo Transporter Furgón (€/Km)

$C_{CHF}$  = Coste del consumo del vehículo Chasis Furgón (€/Km)

---

# CAPÍTULO 5

---

En el presente capítulo se muestran las **soluciones** para el **caso de estudio** del que trata este TFM, en él se obtendrán las **rutas óptimas** para dar el servicio a todas las fruterías existentes así como las **distancias recorridas** en dichas rutas, sus **tiempos de operación** y, por último, un **cálculo de la función objetivo que minimiza los costes**.

Estos pasos se aplicarán a cada una de las tipologías existentes de rutas, dando como resultado la flota óptima que se necesita para el reparto de los productos a cada una de las fruterías o comercios, hallando también los costes globales que implica la distribución de la mercancía.

## 5.1 Introducción de datos en la herramienta informática

Antes de utilizar la herramienta informática para poder calcular las rutas, se han de **preparar los tres archivos** necesarios para **resolver** las **tres tipologías de rutas** expuestas en el capítulo 4. Estos archivos deben ser preparados según el formato requerido por el programa. Dicho **archivo** tiene **extensión .txt** en el cual se deben implementar los siguientes apartados:

### Nombre del archivo

En él se designa el **nombre** del **archivo** que reconoce el programa informático para guardar posteriormente las rutas que va creando en su resolución. Se guardará cada uno de los tres archivos que se van a crear, con el nombre del vehículo que va a realizar el reparto. (Caddy Furgón, Transporter Furgón y Transporter Chasis)

### Vehicle Number

Con este dígito, se designa el **número de vehículos** de los cuales **se dispone** para realizar los repartos, se debe poner un número de vehículos que se sepa que no se va a superar, para que el programa no de error, ya que en un primer momento no se sabe los vehículos que se van a necesitar. Se pondrá en los tres archivos 50 vehículos ya que se sabe que no se superará esa cantidad.

### Capacity

En este apartado se indica la **capacidad del vehículo**, para que el programa la tenga en cuenta a la hora del llenado de estos antes del reparto. Se tendrá en cuenta que se dispone de tres archivos con tres vehículos distintos: Caddy Furgón, Transporter Furgón y Transporter Chasis, con unas capacidades de 34, 56 y 172 unidades de carga respectivamente

#### Customer Cust no

Se designan los **nodos existentes** para resolver el problema del reparto, los cuales se componen de los **nodos clientes y del almacén central MZ**. Los distintos archivos Caddy Furgón, Transporter Furgón y Transporter Chasis, tienen 7, 11 y 67 fruterías respectivamente.

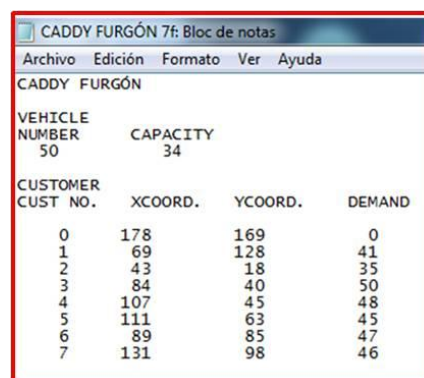
#### XCOORD e YCOORD

**Coordenadas geográficas** utilizadas para localizar los puntos en el mapa, estas coordenadas están representadas en mm, con el fin de que a la hora de que se representen los puntos y las rutas en el programa, las distancias queden dentro de rango visible en la pantalla y se puedan visualizar sin problema alguno.

#### Demanda

Estos valores indican la **demanda de cada frutería en cajas estándar**.

A continuación se muestra la **composición de los tres archivos implementados para su posterior ejecución en el programa informático**. Las figuras 5.1.1 y 5.1.2 corresponden al archivo fruterías rojas, la figura 5.1.3 al archivo fruterías amarillas y la figura 5.1.4 al archivo fruterías verdes.

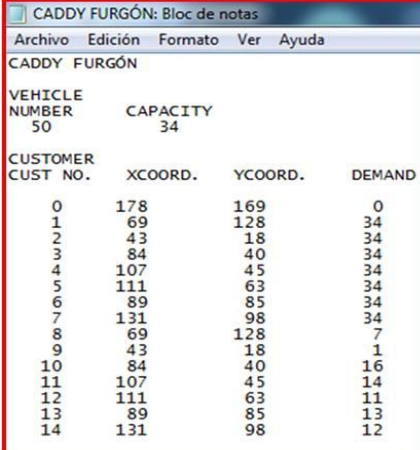


CADDY FURGÓN			
VEHICLE NUMBER	CAPACITY		
50	34		
CUSTOMER CUST NO.	XCOORD.	YCOORD.	DEMAND
0	178	169	0
1	69	128	41
2	43	18	35
3	84	40	50
4	107	45	48
5	111	63	45
6	89	85	47
7	131	98	46

Figura 5.1.1

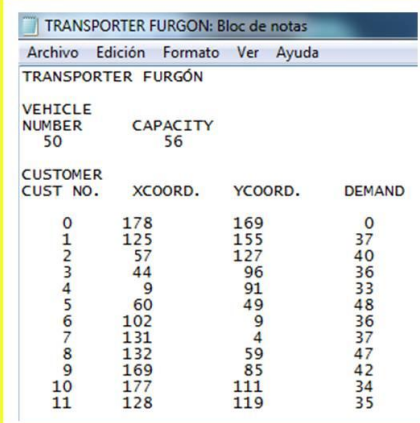
En la composición de esta primera pantalla para la resolución de las rutas de tipología roja, se ha tenido que **modificar el procedimiento normal para crear el archivo**, debido a que en todos los clientes la demanda solicitada es superior a la capacidad de un vehículo, por lo que en un solo viaje no se puede satisfacer cada uno de los pedidos. Para no romper con una de las reglas del VRP en la cual solo se debe visitar a los clientes una sola vez, se ha creado una **segunda frutería ficticia** para cada una de las originales de tal forma que se obtengan todas las localizaciones por duplicado y con ello conseguir que el resto del pedido (el que sobra de la demanda original, menos 34, de la capacidad del primer viaje) se le pueda asignar a la segunda frutería y simular que vuelve una segunda vez a terminar el reparto.

La composición del nuevo archivo txt quedará de la siguiente manera (ver figura 5.1.2).



CADDY FURGÓN			
VEHICLE			
NUMBER	CAPACITY		
50	34		
CUSTOMER			
CUST NO.	XCOORD.	YCOORD.	DEMAND
0	178	169	0
1	69	128	34
2	43	18	34
3	84	40	34
4	107	45	34
5	111	63	34
6	89	85	34
7	131	98	34
8	69	128	7
9	43	18	1
10	84	40	16
11	107	45	14
12	111	63	11
13	89	85	13
14	131	98	12

Figura 5.1.2



TRANSPORTER FURGÓN			
VEHICLE			
NUMBER	CAPACITY		
50	56		
CUSTOMER			
CUST NO.	XCOORD.	YCOORD.	DEMAND
0	178	169	0
1	125	155	37
2	57	127	40
3	44	96	36
4	9	91	33
5	60	49	48
6	102	9	36
7	131	4	37
8	132	59	47
9	169	85	42
10	177	111	34
11	128	119	35

Figura 5.1.3

TRANSPORTER CHASIS: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

TRANSPORTER CHASIS

VEHICLE  
NUMBER      CAPACITY  
50            172

CUSTOMER CUST NO.	XCOORD.	YCOORD.	DEMAND
0	178	169	0
1	133	186	41
2	86	180	33
3	36	94	41
4	36	94	41
5	36	94	41
6	57	80	39
7	57	80	39
8	57	80	39
9	57	80	39
10	57	80	39
11	57	80	39
12	57	80	39
13	37	68	49
14	42	53	46
15	33	5	36
16	106	41	45
17	106	41	45
18	134	28	46
19	154	64	44
20	157	70	37
21	157	70	37
22	130	95	54
23	130	95	54
24	130	95	54
25	130	95	54
26	111	110	56
27	111	110	56
28	111	110	56
29	111	110	56
30	111	110	56
31	111	110	56
32	111	110	56
33	111	110	56
34	111	110	56
35	111	110	56
36	111	110	56
37	111	110	56
38	111	110	56
39	111	110	56
40	111	110	56
41	111	110	56
42	111	110	56
43	111	110	56
44	111	110	56
45	111	110	56
46	111	110	56
47	111	110	56
48	111	110	56
49	111	110	56
50	111	110	56
51	111	110	56
52	111	110	56
53	111	110	56
54	111	110	56
55	111	110	56
56	111	110	56
57	111	110	56
58	111	110	56
59	111	110	56
60	111	110	56
61	111	110	56
62	111	110	56
63	111	110	56
64	111	110	56
65	184	137	43
66	141	163	32
67	141	163	32

Figura 5.1.4



## 5.2 Fruterías rojas

### 5.2.1 Cálculo de rutas

En el siguiente apartado se dará **solución** al problema de la **distribución** de **rutas**, en primer lugar **utilizando el constructor** y en segundo lugar utilizando el **algoritmo metaheurístico.VNS General** del cual está provisto el programa.

Antes de ejecutar el programa, se procede a cargar los datos en el programa. En la siguiente imagen (figura 5.2.1.1), se puede ver como es idéntica la distribución que realiza el programa y la distribución que se ha obtenido en el mapa de la ciudad. De esta forma se corrobora que las **distancias** que internamente toma el programa, **son reales**.

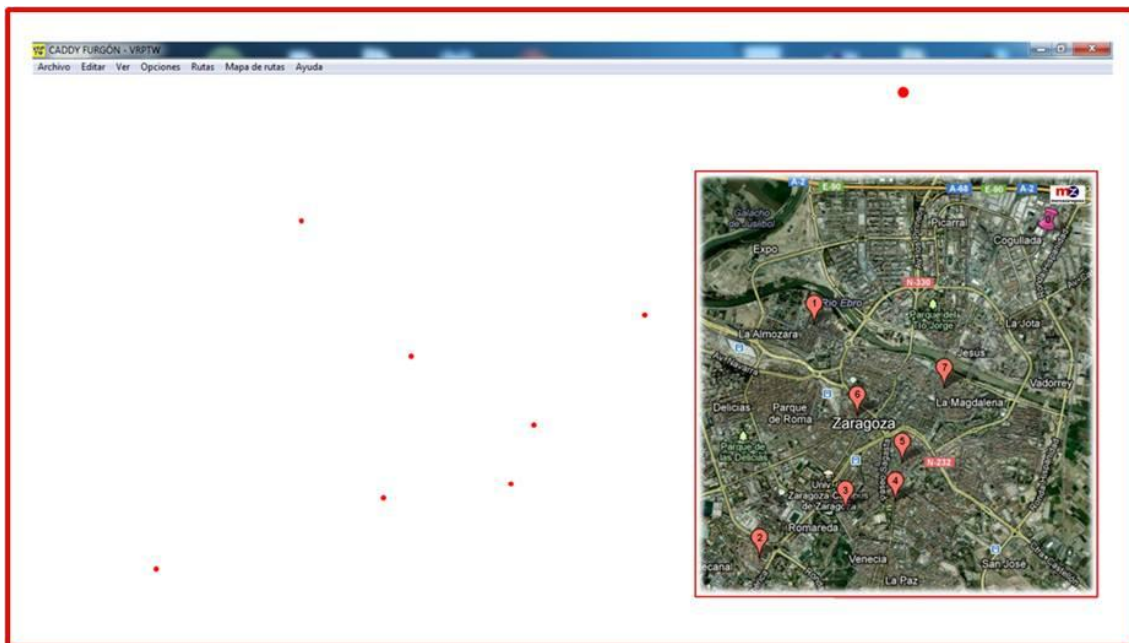


Figura 5.2.1.1

Las rutas obtenidas por el programa en la resolución del constructor son las siguientes (ver tabla 5.2.1.2 ) y su representación gráfica se puede observar en la figura 5.2.1.3:

Número de ruta	Número de clientes	Demanda	Recorrido
1	4	31	0-8-9-12-14-0
2	2	30	0-10-11-0
3	1	34	0-7-0
4	1	13	0-13-0
5	1	34	0-1-0
6	1	34	0-6-0
7	1	34	0-2-0
8	1	34	0-5-0
9	1	34	0-3-0
10	1	34	0-4-0

Tabla 5.2.1.2



Figura 5.2.1.3

Las rutas obtenidas por el programa al ejecutar el algoritmo metaheurístico VNS General son las siguientes (ver tabla 5.2.1.4) y su representación gráfica se puede observar en la figura 5.2.1.5:

Número de ruta	Número de clientes	Demanda	Recorrido
1	3	31	0-11-10-9-0
2	3	31	0-12-13-8-0
3	1	34	0-7-0
4	1	34	0-1-0
5	1	34	0-2-0
6	1	34	0-4-0
7	1	34	0-3-0
8	1	34	0-6-0
9	1	34	0-5-0
10	1	12	0-14-0

Tabla 5.2.1.4

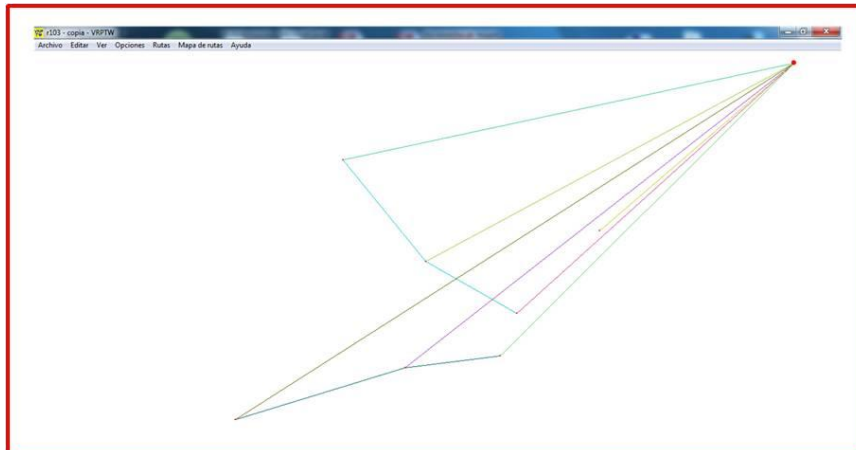


Figura 5.2.1.5

### 5.2.2 Matriz de distancias

Una vez conocidas las rutas, se saca una matriz de distancias (en m) en la que se pueda obtener rápidamente cualquier distancia que una dos puntos entre sí. Esta matriz será utilizada para calcular el recorrido que realizan los vehículos Caddy Furgón en su reparto

Nodo	Mz	1	2	3	4	5	6	7
Mz	0							
1	3640	0						
2	6290	3500	0					
3	4960	2760	1430	0				
4	4450	2860	2150	740	0			
5	3910	2390	2510	1090	590	0		
6	3810	1480	2520	1390	1370	940	0	
7	2670	2120	3660	2300	1800	1240	1330	0

Figura 5.2.2.1

### 5.2.3 Cálculo de distancias y tiempo para la solución de las rutas con algoritmo metaheurístico VNS general

Una vez obtenidas las rutas con el programa informático, se procede a calcular la **solución de distancias recorridas y tiempos de ruta**, únicamente para las rutas

conseguidas con el algoritmo metaheurístico, el cual es el que da los resultados óptimos de rutas.

En primer lugar se mostrará la solución calculada para satisfacer las demandas, utilizando un vehículo por ruta (**CASO 1**), de esta forma, nunca se llegaría a superar la ventana horaria impuesta por las fruterías y el tiempo de utilización de vehículos sería mínimo, pero por el contrario el número de ellos sería elevado (ver tabla 5.2.3.1).

Cabe comentar previamente los apartados que contiene la tabla, de manera que queden claros para esta y las sucesivas tablas de los distintos casos de estudio. La tabla se compone de los siguientes apartados:

- **Distancia (m)**: indica distancias entre nodos de distintos clientes.
- **Tiempo de trayecto (s)**: tiempo que le cuesta al vehículo ir desde un cliente a otro.
- **Tiempo de carga/descarga (s)**: tiempo que le cuesta realizar el llenado del vehículo en origen y vaciado (total o parcial) en destino.
- **Demanda (cajas)**: indica en número de unidades que son solicitadas por cada una de las fruterías y el número de unidades totales repartidas en la jornada por ese vehículo.
- **Tiempo de servicio (h, min)**: tiempo que les cuesta a los vehículos realizar la jornada, desde que salen de MZ hasta que regresan por última vez.
- **Distancia de la ruta (Km)**: distancia recorrida por cada vehículo en su jornada.
- **Time windows**: indica el tiempo utilizado de la ventana horaria disponible (2 h. 30 min), por cada uno de los vehículos utilizados. Esta casilla, solo aparece en las tablas de agrupación de rutas en vehículos. Cabe destacar, que para éste cálculo se omite el tiempo de carga inicial de cada vehículo ya que este se carga antes del inicio de la ventana horaria. También se desestima para el cálculo el tiempo de regreso del vehículo a MZ, debido a que el tiempo de regreso no computa dentro de los 150 minutos, es decir, solo interesa descargar la última vez antes de ese tiempo.

- **Tiempo total de servicio:** indica el tiempo utilizado por todos los vehículos para satisfacer todas las entregas de mercancía. Este será el tiempo computable en la función objetivo como tiempo de uso de los vehículos.
- **Distancia total:** indica la distancia recorrida por el conjunto de todos los vehículos.

Vehículo 1	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo								
Ruta 1	0		11		10		9		0	Total	Unidad						
Distancia		4450		740		1430		6290		12910	m						
Tiempo de trayecto		534		89		172		755		1549	s						
Tiempo de carga/descarga	600		600		600		600			2400	s						
Demanda	31		14		16		1			31	Cajas						
Tiempo de servicio											1,10	h	1 h 6 min				
Distancia de la ruta											12,9	km					
Vehículo 2	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo								
Ruta 2	0		12		13		8		0	Total	Unidad						
Distancia		3910		940		1480		3640		9970	m						
Tiempo de trayecto		469		113		178		437		1196	s						
Tiempo de carga/descarga	600		600		600		600			2400	s						
Demanda	31		11		13		7			31	Cajas						
Tiempo de servicio											1,00	h	0 h 60 min				
Distancia de la ruta											10,0	km					
Vehículo 3	Nodo		Nodo		Nodo												
Ruta 3	0		7		0					Total	Unidad						
Distancia		2670		2670						5340	m						
Tiempo de trayecto		320		320						641	s						
Tiempo de carga/descarga	600		600							1200	s						
Demanda	34		34							34	Cajas						
Tiempo de servicio											0,51	h	0 h 31 min				
Distancia de la ruta											5,3	km					
Vehículo 4	Nodo		Nodo		Nodo												
Ruta 4	0		1		0					Total	Unidad						
Distancia		3640		3640						7280	m						
Tiempo de trayecto		437		437						874	s						
Tiempo de carga/descarga	600		600							1200	s						
Demanda	34		34							34	Cajas						
Tiempo de servicio											0,58	h	0 h 35 min				
Distancia de la ruta											7,3	km					
Vehículo 5	Nodo		Nodo		Nodo												
Ruta 5	0		2		0					Total	Unidad						
Distancia		6290		6290						12580	m						
Tiempo de trayecto		755		755						1510	s						
Tiempo de carga/descarga	600		600							1200	s						
Demanda	34		34							34	Cajas						
Tiempo de servicio											0,75	h	1 h 45 min				
Distancia de la ruta											12,6	km					

Figura 5.2.3.1.a

Vehículo 6	Nodo		Nodo		Nodo			
Ruta 6	0		4		0		Total	Unidad
Distancia		4450		4450			8900	m
Tiempo de trayecto		534		534			1068	s
Tiempo de carga/descarga	600		600				1200	s
Demanda	34		34				34	Cajas
Tiempo de servicio							0,63	h
Distancia de la ruta							8,9	km
Vehículo 7	Nodo		Nodo		Nodo			
Ruta 7	0		3		0		Total	Unidad
Distancia		4960		4960			9920	m
Tiempo de trayecto		595		595			1190	s
Tiempo de carga/descarga	600		600				1200	s
Demanda	34		34				34	Cajas
Tiempo de servicio							0,66	h
Distancia de la ruta							9,9	km
Vehículo 8	Nodo		Nodo		Nodo			
Ruta 8	0		6		0		Total	Unidad
Distancia		3810		3810			7620	m
Tiempo de trayecto		457		457			914	s
Tiempo de carga/descarga	600		600				1200	s
Demanda	34		34				34	Cajas
Tiempo de servicio							0,59	h
Distancia de la ruta							7,6	km
Vehículo 9	Nodo		Nodo		Nodo			
Ruta 9	0		5		0		Total	Unidad
Distancia		3910		3910			7820	m
Tiempo de trayecto		469		469			938	s
Tiempo de carga/descarga	600		600				1200	s
Demanda	34		34				34	Cajas
Tiempo de servicio							0,59	h
Distancia de la ruta							7,8	km
Vehículo 10	Nodo		Nodo		Nodo			
Ruta 10	0		14		0		Total	Unidad
Distancia		2870		2870			5340	m
Tiempo de trayecto		320		320			641	s
Tiempo de carga/descarga	600		600				1200	s
Demanda	12		12				12	Cajas
Tiempo de servicio							0,51	h
Distancia de la ruta							5,3	km
Tiempo total de servicio							6,92	h
Distancia total							87,7	Km
Velocidad media del trayecto							8,3	m/s

Figura 5.2.3.1.b

Una vez realizados los cálculos anteriores, se está en disposición de **seguir optimizando los recursos existentes**, de manera que se puedan **agrupar las rutas** anteriores en vehículos dando lugar a una reducción del número de vehículos y un aumento del uso de estos, siempre teniendo presente que no se puede superar la ventana horaria de 150 minutos estipulada por los autónomos del sector (**CASO 2**).

Tener en cuenta que antes de los 150 minutos, la mercancía debe estar descargada en el local comercial de destino.

Vehículo 1	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Total	Unidad	
Ruta 1 + Ruta 2	0	11	10	9	0	12	13	8	0						
Distancia	4450	740	1430	6290	3910	940	1480	3640					22880	m	
Tiempo de trayecto	534	89	172	755	469	113	178	437					2746	s	
Tiempo de carga/descarga	600	600	600	600	600	600	600	600					4800	s	
Demanda	31	14	16	1	31	11	13	7					62	Cajas	
Tiempo de servicio													2,10	h	2h 6 min
Distancia de la ruta													22,9	km	
Tiempo de time Windows													1,81	h	1h 48 min

Vehículo 2	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Total	Unidad	
Ruta 5 + Ruta 3 + Ruta 4 + Ruta 6	0	2	0	7	0	1	0	4	0						
Distancia	6290	6290	2670	2670	3640	3640	4450	4450					34100	m	
Tiempo de trayecto	755	755	320	320	437	437	534	534					4092	s	
Tiempo de carga/descarga	600	600	600	600	600	600	600	600					4800	s	
Demanda	34	34	34	34	34	34	34	34					136	Cajas	
Tiempo de servicio													2,47	h	2h 28 min
Distancia de la ruta													34,1	km	
Tiempo de time Windows													2,16	h	2h 9 min

Vehículo 3	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Total	Unidad	
Ruta 7 + Ruta 8 + Ruta 9 + Ruta 10	0	2	0	6	0	5	0	14	0						
Distancia	4960	4960	3810	3810	3910	3910	2670	2670					30700	m	
Tiempo de trayecto	595	595	457	457	469	469	320	320					3684	s	
Tiempo de carga/descarga	600	600	600	600	600	600	600	600					4800	s	
Demanda	34	34	34	34	34	34	12	12					114	Cajas	
Tiempo de servicio													2,36	h	2h 21 min
Distancia de la ruta													30,7	km	
Tiempo de time Windows													2,10	h	2h 6 min

	Total	Unidad	
Tiempo total de servicio	6,92	h	6 h 55 min
Distancia total	87,7	Km	
Velocidad media del trayecto	8,3	m/s	
Time Windows	150	min	

Figura 5.2.3.2

### 5.2.4 Aplicación de la función objetivo

En el siguiente apartado, una vez obtenidos los datos del punto 5.2.3, caso 2 se puede aplicar la **función objetivo** creada en el capítulo 4 para tal fin. Al aplicar dicha función veremos el **coste diario en €** para el caso de estudio nº1 y el caso de estudio nº2.

Caddy Furgón								
	Valor	Unidad						
Vehículo por ruta (CASO 1)	10	Vehículos						
Agrupación de rutas en vehículos (CASO 2)	3	Vehículos						
Renting	415,97	€/mes	→	2,5999	€/h	→	0,0433	€/min
Consumo	5,8	l/100 km	→	0,058	l/km	→	0,0754	€/km
Conductor	2100	€/mes	→	13,125	€/h	→	0,21875	€/min
Precio diesel	1,3	€/l						
Tiempo total del servicio	415	min						
Distancia total	87,7	km						
<b>Fución objetivo (CASO 1)</b>	<b>277,21</b>	<b>€</b>						
<b>Fución objetivo (CASO 2)</b>	<b>151,34</b>	<b>€</b>						

Figura 5.3.4.1

## 5.3 Fruterías amarillas

### 5.3.1 Cálculo de rutas

En el siguiente apartado se dará **solución al problema de la distribución de rutas**, en primer lugar utilizando el **constructor** y en segundo lugar utilizando el **algoritmo metaheurístico.VNS General** del cual está provisto el programa.

Antes de ejecutar el programa se procede a cargar los datos en el programa. En la siguiente imagen (figura 5.3.1.1), se puede ver como es idéntica la distribución que realiza el programa y la distribución que se ha obtenido en el mapa de la ciudad. De esta forma se corrobora que las distancias que internamente toma el programa son reales.



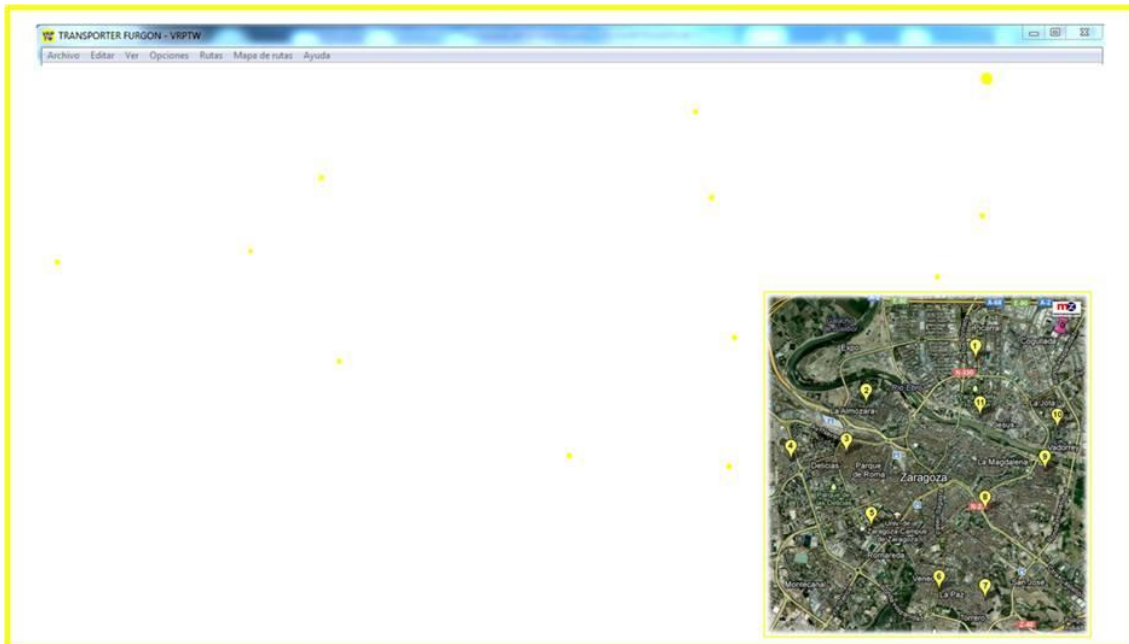


Figura 5.3.1.1

En este caso, las rutas obtenidas por el programa en la resolución del constructor con el algoritmo metaheurístico VNS General es la misma, debido a que la **resolución es trivial**. Las demandas están muy cercanas a la capacidad del vehículo, por lo que las rutas son las siguientes (ver tabla 5.3.1.2) y su representación gráfica se puede observar en la figura 5.3.1.3:

Número de ruta	Número de clientes	Demanda	Recorrido
1	1	40	0-2-0
2	1	37	0-1-0
3	1	36	0-3-0
4	1	47	0-8-0
5	1	33	0-4-0
6	1	36	0-6-0
7	1	48	0-5-0
8	1	37	0-7-0
9	1	35	0-11-0
10	1	42	0-9-0
11	1	34	0-10-0

Tabla 5.3.1.2

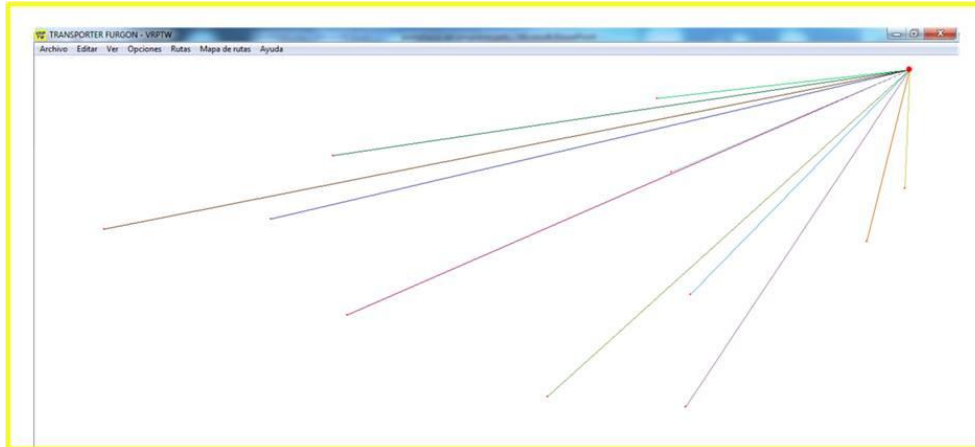


Figura 5.3.1.3

### 5.3.2 Matriz de distancias

Una vez conocidas las rutas, se saca una **matriz de distancias** (en m) en la que se pueda obtener rápidamente cualquier distancia que una dos puntos entre sí. Esta matriz será utilizada para **calcular el recorrido que realizan los vehículos Transporter Furgón** en su reparto.

Nodo	Mz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Mz	0											
1	1730	0										
2	4020	2300	0									
3	4770	3120	1050	0								
4	5810	4120	1860	1100	0							
5	5240	3870	2430	1530	2050	0						
6	5490	4590	3930	3240	3860	1810	0					
7	5330	4710	4480	3940	4670	2630	910	0				
8	3710	2980	3140	2940	3940	2250	1800	1730	0			
9	2620	2560	3730	3890	4970	3560	3130	2780	1410	0		
10	1780	2100	3770	4150	5250	4120	3930	3630	2140	860	0	
11	2210	1120	2240	2710	3800	3030	3500	3580	1850	1650	1530	0

Figura 5.3.2.1

### 5.3.3 Cálculo de distancias y tiempo para la solución de las rutas con algoritmo mataheurístico VNS general

Una vez obtenidas las rutas con el programa informático, se procede a calcular la **solución de distancias recorridas y tiempos de ruta**, únicamente para las rutas

conseguidas con el algoritmo metaheurístico, el cual es el que nos da los resultados óptimos de rutas.

En primer lugar se muestra la solución calculada para satisfacer las demandas, utilizando un vehículo por ruta (**CASO 1**), de esta forma, nunca se llegaría a superar la ventana horaria impuesta por las fruterías y el tiempo de utilización de vehículos sería mínimo, pero por el contrario el número de ellos sería elevado (ver tabla 5.3.3.1).

Las tablas que se muestran a continuación, tienen el mismo formato que el comentado en el apartado anterior 5.2.3.

Vehículo 1	Nodo		Nodo		Nodo		
Ruta 1	0		2		0	Total	Unidad
Distancia		4020		4020		8040	m
Tiempo de trayecto		482		482		965	s
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s
Demanda	40		40			40	Cajas
Tiempo de servicio						0,60	h
Distancia de la ruta						8,0	km
Vehículo 2	Nodo		Nodo		Nodo		
Ruta 2	0		1		13	Total	Unidad
Distancia		1730		1730		3460	m
Tiempo de trayecto		208		208		415	s
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s
Demanda	37		37			37	Cajas
Tiempo de servicio						0,45	h
Distancia de la ruta						3,5	km
Vehículo 3	Nodo		Nodo		Nodo		
Ruta 3	0		3		0	Total	Unidad
Distancia		4770		4770		9540	m
Tiempo de trayecto		572		572		1145	s
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s
Demanda	36		36			36	Cajas
Tiempo de servicio						0,65	h
Distancia de la ruta						9,5	km
Vehículo 4	Nodo		Nodo		Nodo		
Ruta 4	0		8		0	total	Unidad
Distancia		3710		3710		7420	m
Tiempo de trayecto		445		445		890	s
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s
Demanda	47		47			47	Cajas
Tiempo de servicio						0,58	h
Distancia de la ruta						7,4	km
Vehículo 5	Nodo		Nodo		Nodo		
Ruta 5	0		4		0	Total	Unidad
Distancia		5810		5810		11620	m
Tiempo de trayecto		697		697		1394	s
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s
Demanda	33		33			33	Cajas
Tiempo de servicio						0,72	h
Distancia de la ruta						11,6	km

Figura 5.3.3.1.a

Vehículo 6	Nodo		Nodo		Nodo				
Ruta 6	0		6		0	Total	Unidad		
Distancia		5490		5490		10980	m		
Tiempo de trayecto		659		659		1318	s		
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s		
Demanda	36		36			36	Cajas		
Tiempo de servicio							0,70	h	0 h 42 min
Distancia de la ruta							11,0	km	
Vehículo 7	Nodo		Nodo		Nodo				
Ruta 7	0		5		0	Total	Unidad		
Distancia		5240		5240		10480	m		
Tiempo de trayecto		629		629		1258	s		
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s		
Demanda	48		48			48	Cajas		
Tiempo de servicio							0,68	h	0 h 41 min
Distancia de la ruta							10,5	km	
Vehículo 8	Nodo		Nodo		Nodo				
Ruta 8	0		7		0	total	Unidad		
Distancia		5330		5330		10660	m		
Tiempo de trayecto		640		640		1279	s		
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s		
Demanda	37		37			37	Cajas		
Tiempo de servicio							0,69	h	0 h 41 min
Distancia de la ruta							10,7	km	
Vehículo 9	Nodo		Nodo		Nodo				
Ruta 9	0		11		0	Total	Unidad		
Distancia		2210		2210		4420	m		
Tiempo de trayecto		265		265		530	s		
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s		
Demanda	35		35			35	Cajas		
Tiempo de servicio							0,48	h	0 h 29 min
Distancia de la ruta							4,4	km	
Vehículo 10	Nodo		Nodo		Nodo				
Ruta 10	0		9		0	Total	Unidad		
Distancia		2620		2620		5240	m		
Tiempo de trayecto		314		314		629	s		
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s		
Demanda	42		42			42	Cajas		
Tiempo de servicio							0,51	h	0 h 30 min
Distancia de la ruta							5,2	km	
Vehículo 11	Nodo		Nodo		Nodo				
Ruta 11	0		10		0	Total	Unidad		
Distancia		1780		1780		3560	m		
Tiempo de trayecto		214		214		427	s		
Tiempo de carga/descarga	600		600			1200	s		
Demanda	34		34			34	Cajas		
Tiempo de servicio							0,45	h	0 h 27 min
Distancia de la ruta							3,6	km	
Tiempo total de servicio							6,51	h	6 h 31 min
Distancia total							85,4	Km	
Velocidad media de trayecto							8,3	m/s	

Figura 5.3.3.1.b

Una vez realizados los cálculos anteriores, se está en disposición de **seguir optimizando los recursos existentes**, de manera que se **pueda agrupar las rutas** anteriores en vehículos dando lugar a una reducción en el número de vehículos y un aumento en el uso de estos, siempre teniendo presente que no se puede superar la ventana horaria de 150 minutos estipulada por los autónomos del sector (**CASO 2**). Tener en cuenta que antes de los 150 minutos, la mercancía debe estar descargada en el local comercial de destino.

Vehículo 1	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo					
Ruta 3 + Ruta 1 + Ruta 2 + Ruta 11	0		3		0		2		0		1		0		10		0	Total	Unidad	
Distancia		4770		4770		4020		4020		1730		1730		1780		1780		24600	m	
Tiempo de trayecto		572		572		482		482		208		208		214		214		2952	s	
Tiempo de carga/descarga		600		600		600		600		600		600		600		600		4800	s	
Demanda		36		36		40		40		37		37		34		34		147	Cajas	
Tiempo de servicio																	2,153	h	2 h 9 min	
Distancia de la ruta																	24,6	km		
Tiempo de time Windows																	1,93	h	1 h 56 min	
Vehículo 2	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo					Total	Unidad	
Ruta 5 + Ruta 4 + Ruta 6	0		4		0		8		0		6		0							
Distancia		5810		5810		3710		3710		5490		5490						30020	m	
Tiempo de trayecto		697		697		445		445		659		659						3602	s	
Tiempo de carga/descarga		600		600		600		600		600		600						3600	s	
Demanda		33		33		47		47		36		36						116	Cajas	
Tiempo de servicio																	2,001	h	2 h 0 min	
Distancia de la ruta																	30,0	km		
Tiempo de time Windows																	1,65	h	1 h 39 min	
Vehículo 3	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo			Total	Unidad	
Ruta 8 + Ruta 7 + Ruta 9 + Ruta 10	0		7		0		5		0		11		0		9		0			
Distancia		5330		5330		5240		5240		2210		2210		2620		2620		30800	m	
Tiempo de trayecto		640		640		629		629		265		265		314		314		3696	s	
Tiempo de carga/descarga		600		600		600		600		600		600		600		600		4800	s	
Demanda		37		37		48		48		35		35		42		42		162	Cajas	
Tiempo de servicio																	2,360	h	2 h 22 min	
Distancia de la ruta																	30,8	km		
Tiempo de time Windows																	2,11	h	2 h 6 min	
																		Total	Unidad	
Tiempo total de servicio																	6,51	h	6 h 31 min	
Distancia total																	85,4	Km		
Velocidad media del trayecto																	8,3	m/s		
Time Windows																	150	min		

Figura 5.3.3.2

### 5.3.4 Aplicación de la función objetivo

En el siguiente apartado, una vez obtenidos los datos del punto 5.3.3 caso 2, se puede **aplicar la función objetivo** creada en el capítulo 4 para tal fin. Al aplicar dicha función se verá el **coste diario en €** para el caso de estudio nº1 y el caso de estudio nº2.

Transporter Furgón						
	Valor	Unidad				
Vehículo por ruta (CASO 1)	11	Vehiculos				
Agrupación de rutas en vehículos (CASO 2)	3	Vehiculos				
Renting	580.42	€/mes	→	3.6276	€/h	→
Consumo	9.7	l/100 km	→	0.097	l/km	→
Conductor	2100	€/mes	→	13,125	€/h	→
Precio diesel	1,3	€/l				
Tiempo total de servicio	391	min				
Distancia total	85.4	km				
<b>Función objetivo (CASO 1)</b>	<b>356.34</b>	<b>€</b>				
<b>Función objetivo (CASO 2)</b>	<b>167.22</b>	<b>€</b>				

Figura 5.3.4.1

## 5.4 Fruterías verdes

### 5.4.1 Cálculo de rutas

En el siguiente apartado se dará **solución al problema de la distribución de rutas**, en primer lugar utilizando el **constructor** y en segundo lugar utilizando el **algoritmo metaheurístico VNS General** del cual está provisto el programa.

Antes de ejecutar el programa se procede a cargar los datos en el programa. En la siguiente imagen (figura 5.4.1.1), podemos ver como son idénticas la distribución que realiza el programa y la distribución que se ha obtenido en el mapa de la ciudad. De esta forma se corrobora que las distancias que internamente toma el programa, son reales.

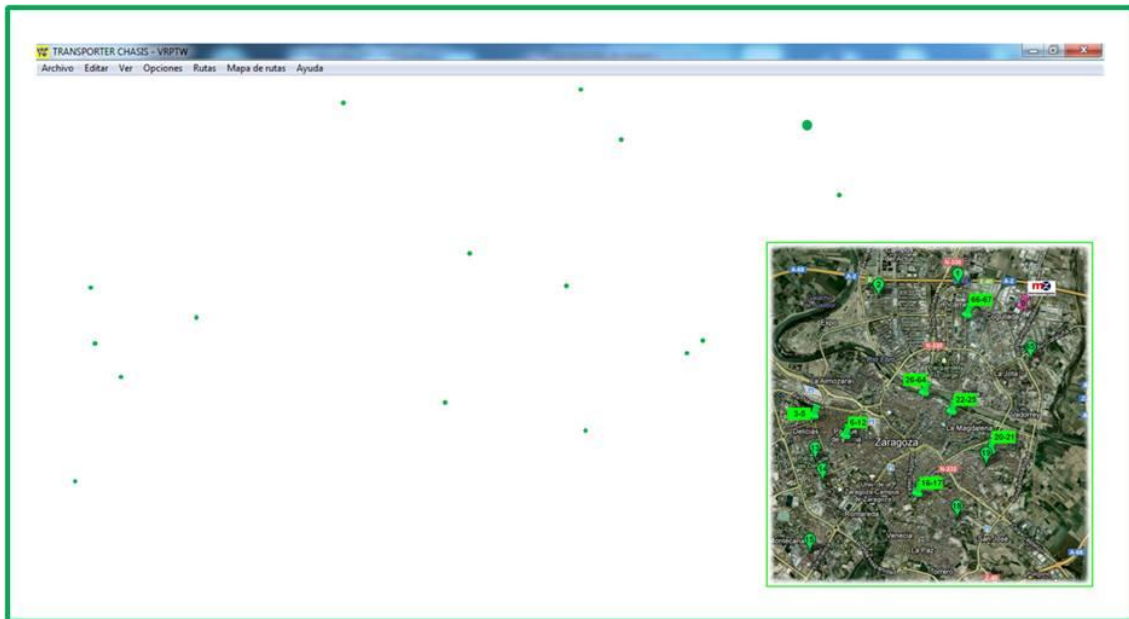


Figura 5.4.1.1

Las rutas obtenidas por el programa en la resolución del constructor son las siguientes (ver tabla 5.4.1.2) y su representación gráfica se puede observar en la figura 5.4.1.3

Número de ruta	Número de clientes	Demanda	Recorrido
1	4	148	0-2-0
2	4	162	0-1-0
3	4	156	0-3-0
4	4	171	0-8-0
5	3	162	0-4-0
6	3	168	0-6-0
7	3	168	0-5-0
8	3	145	0-7-0
9	3	168	0-11-0
10	3	168	0-9-0
11	3	168	0-10-0
12	3	168	0-43-42-52-0
13	3	161	0-47-46-13-0
14	3	168	0-49-48-63-0
15	3	148	0-51-50-15-0
16	3	168	0-54-53-61-0
17	3	135	0-25-19-21-0
18	3	168	0-57-55-56-0
19	3	158	0-59-58-14-0
20	3	146	0-14-16-60-0
21	3	158	0-18-64-62-0

Tabla 5.4.1.2

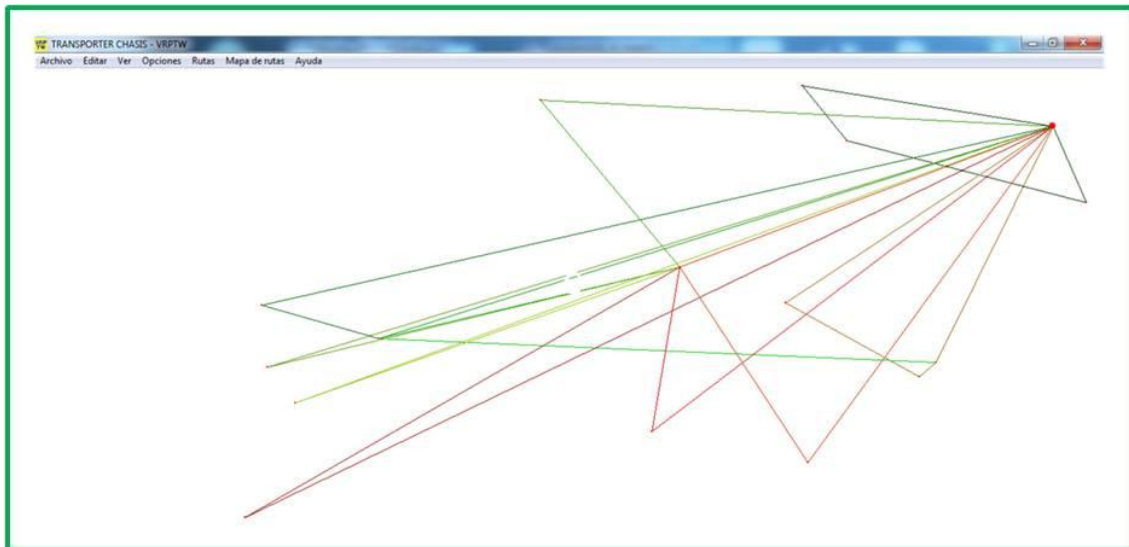


Figura 5.4.1.3

Las rutas obtenidas por el programa al ejecutar el algoritmo metaheurístico VNS General son las siguientes (ver tabla 5.4.1.4) y su representación gráfica se puede observar en la figura 5.4.1.5

Número de ruta	Número de clientes	Demanda	Recorrido
1	4	159	0-25-66-67-1-0
2	4	172	0-16-17-15-14-0
3	4	156	0-10-9-8-7-0
4	4	156	0-2-3-4-5-0
5	3	164	0-20-21-19-18-0
6	3	166	0-11-6-12-13-0
7	3	162	0-23-22-24-0
8	3	168	0-28-26-27-0
9	3	168	0-30-29-31-0
10	3	168	0-44-33-32-0
11	3	168	0-35-34-37-0
12	3	168	0-39-36-38-0
13	3	168	0-41-40-45-0
14	3	168	0-43-42-52-0
15	3	168	0-51-47-46-0
16	3	168	0-49-48-63-0
17	3	168	0-54-53-61-0
18	3	168	0-57-55-56-0
19	3	168	0-50-59-58-0
20	3	168	0-60-64-62-0
21	3	43	0-65-0

Tabla 5.4.1.4



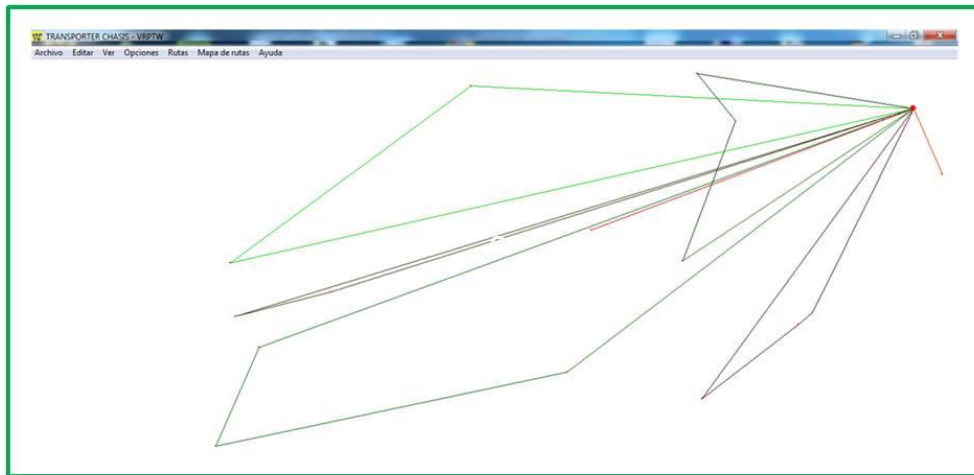


Figura 5.4.1.5

### 5.4.2 Matriz de distancias

Una vez conocidas las rutas, sacamos una **matriz de distancias** (en m) en la que podamos obtener rápidamente cualquier distancia que una dos puntos entre sí. Esta matriz será utilizada para **calcular el recorrido que realizan los vehículos Transporter Chasis** en su reparto.

Nodo	Mz	1	2	3-5	6-12	13	14	15	16-17	18	19	20-21	22-25	26-64	65	66-67
Mz	0															
1	1520	0														
2	2920	1490	0													
3-5	4990	4200	3070	0												
6-12	4670	4090	3210	790	0											
13	5400	4730	3770	806	740	0										
14	5560	5010	4150	1280	958	500	0									
15	6810	6480	5680	2790	2450	1990	1540	0								
16-17	4570	4630	4360	2750	1950	2330	2050	2510	0							
18	4580	4910	4940	3670	2870	3260	2950	3210	941	0						
19	3330	3830	4140	3750	3010	3620	3470	4170	1620	1280	0					
20-21	3130	3700	4040	3830	3120	3710	3600	4330	1830	1480	197	0				
22-25	2780	2820	2920	2920	2320	3030	3060	4140	1870	2130	1220	1160	0			
26-64	2770	2500	2310	2390	1930	2670	2790	4060	2160	2630	1910	1880	730	0		
65	1000	2200	3320	4780	4300	5030	5110	6260	3830	3720	2440	2240	2080	2390	0	
66-67	1180	777	1780	3900	3680	4370	4580	5930	3960	4190	3080	2940	2130	1900	1560	0

Figura 5.4.2.1

### 5.4.3 Cálculo de distancias y tiempo para la solución de las rutas con algoritmo metaheurístico VNS General

Una vez obtenidas las rutas con el programa informático, se procede a calcular la **solución de distancias recorridas y tiempos de ruta**, únicamente para las rutas

conseguidas con el algoritmo metaheurístico, el cual es el que nos da los resultados óptimos de rutas.

En primer lugar mostraremos la solución calculada para satisfacer las demandas, utilizando un vehículo por ruta (**CASO 1**), de esta forma, nunca se llegaría a superar la ventana horaria impuesta por las fruterías y el tiempo de utilización de vehículos sería mínimo, pero por el contrario el número de ellos sería elevado (ver tabla 5.4.3.1).

Las tablas que se muestran a continuación, tienen el mismo formato que el comentado en el apartado anterior 5.2.3.

Vehículo 1	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo								
Ruta 1	0		25		66		67		1		0		Total	Unidad					
Distancia		2780		2130		0		777		1520			7207	m					
Tiempo de trayecto		334		256		0		93		182			865	s					
Tiempo de carga/descarga	1680		600		660					600			3540	s					
Demanda	159		54		32		32		41				159	Cajas					
Tiempo de servicio													1,224	h					1h 13 min
Distancia de la ruta													7,2	km					
Vehículo 2	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo								
Ruta 2	0		16		17		15		14		0		Total	Unidad					
Distancia		4570		0		2510		1540		5560			14180	m					
Tiempo de trayecto		548		0		301		185		667			1702	s					
Tiempo de carga/descarga	1800		960			600		600					3960	s					
Demanda	172		45		45		36		46				172	Cajas					
Tiempo de servicio													1,573	h					1h 34 min
Distancia de la ruta													14,2	km					
Vehículo 3	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo								
Ruta 3	0		10		9		8		7		0		Total	Unidad					
Distancia		4670		0		0		0		4670			9340	m					
Tiempo de trayecto		560		0		0		0		560			1121	s					
Tiempo de carga/descarga	1620		1620										3240	s					
Demanda	156		39		39		39		39				156	Cajas					
Tiempo de servicio													1,211	h					1h 13 min
Distancia de la ruta													9,3	km					
Vehículo 4	Nodo		Nodo		Nodo		nodo		Nodo		Nodo								
Ruta 4	0		2		3		4		5		0		Total	Unidad					
Distancia		2920		3070		0		0		4990			10980	m					
Tiempo de trayecto		350		368		0		0		599			1318	s					
Tiempo de carga/descarga	1620		600		1260								3480	s					
Demanda	156		33		41		41		41				156	Cajas					
Tiempo de servicio													1,333	h					1h 20 min
Distancia de la ruta													11,0	km					

Figura 5.4.3.1 a

Vehículo 5	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo												
Ruta 5	0	20	21	19	18	0	Total	Unidad											
Distancia	3130	0	197	1280	4580		9187	m											
Tiempo de trayecto	376	0	24	154	550		1102	s											
Tiempo de carga/descarga	1740	780	600	600			3720	s											
Demanda	164	37	37	44	46		164	Cajas											
Tiempo de servicio							1,340	h											1h20 min
Distancia de la ruta							9,2	km											
Vehículo 6	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo												
Ruta 6	0	11	6	12	13	0	Total	Unidad											
Distancia	4570	0	0	740	5400		10810	m											
Tiempo de trayecto	548	0	0	89	648		1297	s											
Tiempo de carga/descarga	1740	1200	600				3540	s											
Demanda	166	39	39	39	49		166	Cajas											
Tiempo de servicio							1,344	h											1h21 min
Distancia de la ruta							10,8	km											
Vehículo 7	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo													
Ruta 7	0	23	22	24	0	Total	Unidad												
Distancia	2780	1160	0	2780		6720	m												
Tiempo de trayecto	334	139	0	334		806	s												
Tiempo de carga/descarga	1680	600	1140			3420	s												
Demanda	162	54	54	54		162	Cajas												
Tiempo de servicio						1,174	h												1h10 min
Distancia de la ruta						6,7	km												
Vehículo 8	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo													
Ruta 8	0	28	26	27	0	Total	Unidad												
Distancia	2770	0	0	2770		5540	m												
Tiempo de trayecto	332	0	0	332		665	s												
Tiempo de carga/descarga	1740	1740				3480	s												
Demanda	168	56	56	56		168	Cajas												
Tiempo de servicio						1,151	h												1h09 min
Distancia de la ruta						5,5	km												
Vehículo 9	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo													
Ruta 9	0	30	29	31	0	Total	Unidad												
Distancia	2770	0	0	2770		5540	m												
Tiempo de trayecto	332	0	0	332		665	s												
Tiempo de carga/descarga	1740	1740				3480	s												
Demanda	168	56	56	56		168	Cajas												
Tiempo de servicio						1,151	h												1h09 min
Distancia de la ruta						5,5	km												
Vehículo 10	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo													
Ruta 10	0	44	33	32	0	Total	Unidad												
Distancia	2770	0	0	2770		5540	m												
Tiempo de trayecto	332	0	0	332		665	s												
Tiempo de carga/descarga	1740	1740				3480	s												
Demanda	168	56	56	56		168	Cajas												
Tiempo de servicio						1,151	h												1h09 min
Distancia de la ruta						5,5	km												

Figura 5.4.3.1.b

Vehículo 11	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo									
Ruta 11	0		35		34		37		0						Total	Unidad		
Distancia		2770		0		0		2770							5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332							665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740									3480	s		
Demanda	168		56		56		56								168	Cajas		
Tiempo de servicio															1,151	h		1h 09 min
Distancia de la ruta															5,5	km		
Vehículo 12	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo									
Ruta 12	0		28		26		27		0					Total	Unidad			
Distancia		2770		0		0		2770							5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332							665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740									3480	s		
Demanda	168		56		56		56								168	Cajas		
Tiempo de servicio															1,151	h		1h 09 min
Distancia de la ruta															5,5	km		
Vehículo 13	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo									
Ruta 13	0		41		40		45		0					Total	Unidad			
Distancia		2770		0		0		2770							5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332							665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740									3480	s		
Demanda	168		56		56		56								168	Cajas		
Tiempo de servicio															1,151	h		1h 09 min
Distancia de la ruta															5,5	km		
Vehículo 14	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo									
Ruta 14	0		43		42		52		0					Total	Unidad			
Distancia		2770		0		0		2770							5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332							665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740									3480	s		
Demanda	168		56		56		56								168	Cajas		
Tiempo de servicio															1,151	h		1h 09 min
Distancia de la ruta															5,5	km		
Vehículo 15	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo									
Ruta 15	0		51		47		46		0					Total	Unidad			
Distancia		2770		0		0		2770							5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332							665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740									3480	s		
Demanda	168		56		56		56								168	Cajas		
Tiempo de servicio															1,151	h		1h 09 min
Distancia de la ruta															5,5	km		
Vehículo 16	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo									
Ruta 16	0		49		48		63		0					Total	Unidad			
Distancia		2770		0		0		2770							5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332							665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740									3480	s		
Demanda	168		56		56		56								168	Cajas		
Tiempo de servicio															1,151	h		1h 09 min
Distancia de la ruta															5,5	km		

Figura 5.4.3.1 c

Vehículo 17	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo										
Ruta 17	0		54		53		61		0							Total	Unidad		
Distancia		2770		0		0		2770								5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332								665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740										3480	s		
Demanda	168		56		56		56									168	Cajas		
Tiempo de servicio																1,151	h	1 h 09 min	
Distancia de la ruta																5,5	km		
Vehículo 18	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo										
Ruta 18	0		57		55		56		0						Total	Unidad			
Distancia		2770		0		0		2770								5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332								665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740										3480	s		
Demanda	168		56		56		56									168	Cajas		
Tiempo de servicio																1,151	h	1 h 09 min	
Distancia de la ruta																5,5	km		
Vehículo 19	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo										
Ruta 19	0		50		59		58		0						Total	Unidad			
Distancia		2770		0		0		2770								5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332								665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740										3480	s		
Demanda	168		56		56		56									168	Cajas		
Tiempo de servicio																1,151	h	1 h 09 min	
Distancia de la ruta																5,5	km		
Vehículo 20	Nodo		Nodo		Nodo		Nodo		Nodo										
Ruta 20	0		60		64		62		0						Total	Unidad			
Distancia		2770		0		0		2770								5540	m		
Tiempo de trayecto		332		0		0		332								665	s		
Tiempo de carga/descarga	1740					1740										3480	s		
Demanda	168		56		56		56									168	Cajas		
Tiempo de servicio																1,151	h	1 h 09 min	
Distancia de la ruta																5,5	km		
Vehículo 21	Nodo		Nodo		Nodo														
Ruta 21	0		65		0										Total	Unidad			
Distancia		1000		1000												2000	m		
Tiempo de trayecto		120		120												240	s		
Tiempo de carga/descarga	600		600													1200	s		
Demanda	43		43													43	Cajas		
Tiempo de servicio																0,400	h	0 h 24 min	
Distancia de la ruta																2,0	Km		
Tiempo total de servicio																24,565	h	24 h 34 min	
Distancia total																142,4	Km		
Velocidad media del trayecto																8,3	m/s		

Figura 5.4.3.1 d

Una vez realizados los cálculos anteriores, se está en disposición de seguir **optimizando los recursos existentes**, de manera que podamos **agrupar las rutas anteriores** en vehículos dando lugar a una reducción en el número de vehículos y un aumento en el uso de estos, siempre teniendo presente que no podemos superar la ventana horaria de 150 minutos estipulada por los autónomos del sector (**CASO 2**).

Tener en cuenta que antes de los 150 minutos, la mercancía debe estar descargada en el local comercial de destino.

Vehículo 1	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 1 + Ruta 2	0	16	17	15	14	0	25	66	67	1	0				Total	Unidad	
Distancia	4570	0	2510	1540	5560	2780	2130	0	777	1520				21387	m		
Tiempo de trayecto	548	0	301	185	667	334	256	0	93	182				2566	s		
Tiempo de carga/descarga	1800	960	600	800	1880	600	660	600						7500	s		
Demanda		45	45	36	346		54	32	32	41				331	Cajas		
Tiempo de servicio														2,796	h	2 h 48min	
Distancia de la ruta														21,4	km		
Tiempo de time Windows														2,25	h	2 h 15min	

Vehículo 2	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 3 + Ruta 4	0	10	9	8	7	0	2	3	4	5	0				Total	Unidad	
Distancia	4670	0	0	0	4670	2920	3070	0	0	4990				20320	m		
Tiempo de trayecto	560	0	0	0	560	350	368	0	0	599				2438	s		
Tiempo de carga/descarga	1620	1620	1620	1620	1620	600	1260							6720	s		
Demanda		39	39	39	39		33	41	41	41				312	Cajas		
Tiempo de servicio														2,544	h	2 h 33min	
Distancia de la ruta														20,3	km		
Tiempo de time Windows														1,93	h	1 h 56min	

Vehículo 3	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 6 + Ruta 5	0	11	6	12	13	0	20	21	19	18	0				Total	Unidad	
Distancia	4670	0	0	740	5400	3130	0	197	1280	4580				19997	m		
Tiempo de trayecto	560	0	0	89	648	376	0	24	154	550				2400	s		
Tiempo de carga/descarga	1740	1200	600	1740	780	600	600	600						7260	s		
Demanda		39	39	39	49		37	37	44	46				330	Cajas		
Tiempo de servicio														2,683	h	2 h 41min	
Distancia de la ruta														20,0	km		
Tiempo de time Windows														2,05	h	2 h 3 min	

Vehículo 4	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 8 + Ruta 7	0	28	26	27	0	23	22	24	0						Total	Unidad	
Distancia	2770	0	0	2770	2780	1160	0	2780						12260	m		
Tiempo de trayecto	332	0	0	332	334	139	0	334						1471	s		
Tiempo de carga/descarga	1740	1740	1680	600	1140									6900	s		
Demanda		56	56	56		54	54	54						330	Cajas		
Tiempo de servicio														2,325	h	2 h 20min	
Distancia de la ruta														12,3	km		
Tiempo de time Windows														1,7	h	1 h 45min	

5.4.3.2 a

Vehículo 5	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 9 + Ruta 10	0	30	29	31	0	44	33	32	0						Total	Unidad	
Distancia	2770	0	0	2770	2770	0	0	2770						11080	m		
Tiempo de trayecto	332	0	0	332	332	0	0	332						1330	s		
Tiempo de carga/descarga	1740	1740	1740	1740	1740									6960	s		
Demanda		56	56	56		56	56	56						336	Cajas		
Tiempo de servicio														2,303	h	2 h 18min	
Distancia de la ruta														11,1	km		
Tiempo de time Windows														1,7	h	1 h 44min	

Vehículo 6	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 11 + Ruta 12	0	35	34	37	0	39	36	38	0				Total	Unidad	
Distancia	2770	0	0	2770	2770	0	0	2770					11080	m	
Tiempo de trayecto	332	0	0	332	332	0	0	332					1330	s	
Tiempo de carga/descarga	1740	1740			1740	1740							6960	s	
Demanda		56	56	56		56	56	56					336	Cajas	
Tiempo de servicio												2,303	h	2 h 18min	
Distancia de la ruta												11,1	km		
Tiempo de time Windows												1,7	h	1 h 44min	

Vehículo 7	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 13 + Ruta 14	0	41	40	45	0	43	42	52	0				Total	Unidad	
Distancia	2770	0	0	2770	2770	0	0	2770					11080	m	
Tiempo de trayecto	332	0	0	332	332	0	0	332					1330	s	
Tiempo de carga/descarga	1740	1740			1740	1740							6960	s	
Demanda		56	56	56		56	56	56					336	Cajas	
Tiempo de servicio												2,303	h	2 h 18min	
Distancia de la ruta												11,1	km		
Tiempo de time Windows												1,7	h	1 h 44min	

Vehículo 8	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 15 + Ruta 16	0	51	47	46	0	49	48	63	0				Total	Unidad	
Distancia	2770	0	0	2770	2770	0	0	2770					11080	m	
Tiempo de trayecto	332	0	0	332	332	0	0	332					1330	s	
Tiempo de carga/descarga	1740	1740			1740	1740							6960	s	
Demanda		56	56	56		56	56	56					336	Cajas	
Tiempo de servicio												2,303	h	2 h 18min	
Distancia de la ruta												11,1	km		
Tiempo de time Windows												1,7	h	1 h 44min	

Vehículo 9	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 17 + Ruta 18	0	54	53	61	0	57	55	56	0				Total	Unidad	
Distancia	2770	0	0	2770	2770	0	0	2770					11080	m	
Tiempo de trayecto	332	0	0	332	332	0	0	332					1330	s	
Tiempo de carga/descarga	1740	1740			1740	1740							6960	s	
Demanda		56	56	56		56	56	56					336	Cajas	
Tiempo de servicio												2,303	h	2 h 18min	
Distancia de la ruta												11,1	km		
Tiempo de time Windows												1,7	h	1 h 44min	

Figura 5.4.3.2 b

Vehículo 10	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo	Nodo			
Ruta 19 + Ruta 20 + Ruta 21	0	50	59	58	0	60	64	62	0	65	0				Total	Unidad	
Distancia	2770	0	0	2770	2770	0	0	2770	1000	1000					13080	m	
Tiempo de trayecto	332	0	0	332	332	0	0	332	120	120					1570	s	
Tiempo de carga/descarga	1740	1740			1740	1740			600	600					8160	s	
Demanda		56	56	56		56	56	56		43					379	Cajas	
Tiempo de servicio												2,703	h	2 h 42min			
Distancia de la ruta												13,1	km				
Tiempo de time Windows												2,2	h	2 h 11min			

	Total	Unidad	
Tiempo total de servicio	24,565	h	24 h 34 min
Distancia total	142,4	Km	
Velocidad media del trayecto	8,3	m/s	
Time Windows	150	min	

Figura 5.4.3.2 c

#### 5.4.4 Aplicación de la función objetivo

En el siguiente apartado, una vez obtenidos los datos del punto 5.4.3 caso 2 se puede aplicar la **función objetivo** creada en el capítulo 4 para tal fin. Al aplicar dicha función veremos **el coste diario en €** para el caso de estudio nº1 y el caso de estudio nº2.

Transporter Chasis					
	Valor	unidad			
Vehículo por ruta (CASO 1)	21	vehiculos			
Agrupación de rutas en vehículos (CASO 2)	10	vehiculos			
Renting	562.51	€/mes	→	3,51	€/h → 0,0586 €/min
Consumo	10,4	l/100 km	→	0,104	l/km → 0,1352 €/km
Conductor	2100	€/mes	→	13,125	€/h → 0,21875 €/min
Precio diesel	1,3	€/l			
Tiempo total de servicio	1474	min			
Distancia total	142,4	km			
<b>Función objetivo (CASO 1)</b>	<b>2155,43</b>	<b>€</b>			
<b>Función objetivo (CASO 2)</b>	<b>1205,38</b>	<b>€</b>			

Figura 5.4.4.1

### 5.5 Función objetivo total

A continuación se muestran los resultados de la función objetivo total, descrita en el capítulo 4 e implementada con los datos obtenidos a lo largo del presente capítulo.

Esta función objetivo, se dará para los **resultados de caso 1**, en el cual se utiliza un vehículo por ruta y el **caso 2**, en el que se agrupan las rutas en vehículos:

Caso 1:

$$F.O_{TOTAL} = F.O_{CF} + FO_{TF} + FO_{CHF} = 277,21 + 356,34 + 2155,43 = \mathbf{2788,98 \text{ €/día}}$$

Caso 2:



$$F.O_{TOTAL} = F.O_{CF} + FO_{TF} + FO_{CHF} = 151,34 + 167,22 + 1205,38 = \mathbf{1523,94 \text{ €/día}}$$

---

# CAPÍTULO 6

---

- En el caso 2, el número de vehículos utilizados para repartir las 85 fruterías es de 16, por lo que si se tiene en cuenta que aproximadamente un 75% de las fruterías utilizan vehículo propio para abastecerse, son un mínimo de 64 vehículos en funcionamiento, con lo cual se utilizan 48 vehículos menos que los usados hasta el momento, lo que implica una **reducción de consumo energético y de contaminación**.
- Para el caso 1, el coste mensual de transporte para cada frutería es 656,23 €/mes y para el caso 2, el coste mensual de transporte es de 358,57 €/mes (tomando 20 días/mes laborales).  
Con ello se puede decir que existe un **ahorro** de casi 298 €/mes por frutería **agrupando rutas en un mismo vehículo**.
- En la actualidad hay 600 fruterías instaladas en la ciudad de Zaragoza, por lo que para realizar la distribución a todas ellas, se necesitarían 113 vehículos. Contando que el 75% de ellas tiene vehículo propio, son 450 vehículos particulares, se estarían reduciendo 337 vehículos con sus correspondientes costes económicos y emisiones contaminantes.

---

# CAPÍTULO 7

---

- Sería necesario realizar un estudio de mercado para determinar el número de negocios interesados en el posible servicio a realizar.
- Se debería definir la demanda de las fruterías de forma más exacta para poder optimizar el vehículo a la hora de transportar la mercancía.
- Habría que implementar en el programa informático distancias reales, para poder obtener los correctos kilometrajes y tiempos de operación.
- También habría que implementar en el programa informático el resultando del estudio de mercado en cuanto al número de fruterías interesadas en el servicio.
- Se podría optimizar la selección de vehículos, ya que existen modelos de mayor tamaño, dentro de cada uno de los modelos.

El programa se debería modificar para que realice todos los cálculos necesarios:

1. Posibilidad de dividir pedidos, con el fin de optimizar el llenado del vehículo al máximo, lo cual crea una gran numero de combinatorias incrementando la dificultad de resolución del mismo.
2. Optimizar al máximo la ventana temporal, haciendo que antes de comenzar esta, los vehículos ya estén dispuestos a descargar en la puerta del primer establecimiento.

---

# ANEXO 1

---

LA OTRA CARA DE LA CRISIS

## Las fruterías sacan jugo al mal tiempo

Zaragoza experimenta una singular proliferación de estos negocios en tiempos de crisis con cerca de un centenar de aperturas desde el 2008

J. HERAS PASTOR 15/04/2012

Cuatro fruterías en apenas 200 metros. Es la florida estampa que en estas fechas primaverales presenta la calle Doctor Iranzo de Zaragoza, donde tres de estos cuatro negocios han abierto en fechas recientes. Y eso sin contar los supermercados y otros tantos establecimientos *verdes* de las vías adyacentes. La situación se repite en otras muchas zonas de la ciudad, donde la apertura de fruterías de todos los estilos y niveles ha sido constante a lo largo de la crisis. No hay cifras oficiales, pero fuentes del gremio calculan que han abierto cerca de un centenar desde que se inició la depresión económica en el 2008, una treintena de ellas en el 2011, hasta las 600 actuales. Y es habitual que locales que han dejado huérfanos inmobiliarias y bancos estén ahora ocupados por estos negocios, una señal más de los profundos cambios que vive el comercio zaragozano.

La fruta parece endulzar el mal trago de la crisis. Los profesionales del sector confirman este *boom* de puntos de venta, pero son reacios a reconocer que las cosas van bien en el sector. "Todos vendemos menos por la situación económica. Si antes hacías una media de 6 euros por cliente, ahora haces 4", asegura Javier Lacruz, presidente de la Asociación de Detallistas de Frutas y Verduras de Zaragoza. Lo que parece claro es que este gremio aguanta mejor la caída generalizada del consumo, sobre todo si se mira en el espejo del resto del comercio. "Queda mal decir que sufres poco la crisis", se sincera un frutero, aunque augura que a la oleada de aperturas le seguirá otra de cierres porque "muchos no aguantarán la competencia". Además, el fenómeno no es nuevo, señalan desde Mercazaragoza, pues ya pasó lo mismo en las anteriores crisis de los 80 y los 60.

Baja inversión

Optimización de la flota de vehículos necesaria para la distribución capilar de productos perecederos en Zaragoza. Análisis de los costes y consumos asociados.

En lo que todos coinciden es en atribuir el auge de fruterías a las facilidades que presenta este negocio para su puesta en marcha. La inversión es muy inferior en relación a otras actividades de venta de productos perecederos. "Los locales han bajado mucho, algunos hasta un 50%, y además muchas se montan en precario", explica Lacruz. Desde 6.000 euros se puede abrir una tienda con lo básico para vender. A las ventajas económicas se suma que no se requiere de ninguna formación técnica especial, como sí ocurre en pescadería o carnicería.

Estas facilidades han llevado a un buen número de desempleados a apostar por la venta minorista de frutas y verduras como fórmula de autoempleo. "No hay trabajo y la gente ve en esto la forma más fácil de ganarse la vida", apunta Yolanda Ordovás, frutera desde hace más de 30 años y que acaba de abrir una tienda en la calle Félix Burriel. En muchos casos, el emprendedor capitaliza la prestación del desempleo para afrontar la inversión.

También ha podido favorecer la mayor conciencia del consumidor sobre el valor que las frutas y verduras para seguir una dieta saludable. Y es que, en medio de caída generalizada de ventas, el consumo de estos alimentos repuntó un 0,3% en el 2011, según datos del Ministerio de Agricultura. En Aragón, el incremento llegó al 6% en el caso de las frutas. Pese a ello, la comercialización de estos alimentos en Mercazaragoza bajó un 5% el pasado año, hasta 116.529 toneladas, lo que podría deberse a la proliferación de huertos particulares y al auge de la venta ilegal de productos agrarios, según denuncian los profesionales del sector.

Otra pieza clave del florecimiento de fruterías son los inmigrantes, que han encontrado en estos negocios una salida laboral rentable que requiere poca inversión. Los colmados de rumanos, chinos o marroquíes son cada día más frecuentes y tratan de hacerse un hueco como fruterías de bajo coste.

Una prueba evidente del dinamismo del comercio de fruta es también la irrupción de cadenas de tiendas especializadas. El caso más llamativo es el de la firma catalana Sa2pe, que prevé a abrir diez establecimientos en Zaragoza entre este año y el 2013. Ya ha abierto uno en Las Fuentes y este mes subirá la persiana de otro en el paseo de Teruel.



---

# ANEXO 2

---

En el presente anexo se van a presentar los renting solicitados a la casa Volkswagen , necesarios para el reparto de la mercancía.

### Volkswagen Renting

Datos del vehículo y condiciones

VW LCV FURGÓN CAD

Accesorios		
P.F.F vehículo + opciones	15815 €	
Transporte	225 €	
Accesorios	0 €	
IVA	3368,40 €	
Impuestos de matriculación	93,60 €	
Total (PVP recomendado fabricante)	19502 €	
Duración	60 meses	
Kilómetros totales contratados	200000 km	
Kilómetros de franquicia, sin coste	5000 km	
Kilómetro adicional	0,0334 € + IVA	Hasta 200000 km
	0,0432 € + IVA	A partir de 200000 km
Kilómetro no recorrido	0,0310 € + IVA	

Figura A.2.1

Servicios			
			IVA
Alquiler del vehículo (sin IVA) **		191,84 €	40,29 €
	Impuesto de matriculación y tasa	Incluido	
	Impuesto municipal	Incluido	
Servicios (sin IVA) *		224,13 €	47,07 €
	Mantenimiento y averías	Incluido	
	Cambio de neumáticos	16 neumáticos	
	Seguro todo riesgo *	Incluido	
	Asistencia en viaje	Incluido	
	Vehículo de sustitución	No incluido	
	Tarjeta de carburante y peajes	Incluido	
	Gestión de flota y gestión de multas	Incluido	
Total cuota (sin IVA)		415,97 €	87,36 €
Total cuota IVA incluido		503,33 €	
Fianza		600 €	

Figura A.2.2

Todos los servicios e intervenciones se realizarán en concensionario oficial Volkswagen.

\* Ajustable en función de la siniestralidad

\*\* Este importe podrá variar en caso de modificación legislativa sobre el I.V.T.M

Datos del vehículo y condiciones

VW LCV TRANSPORTE 6F

Accesorios		
P.F.F vehículo + opciones	24145 €	
Transporte	275 €	
Accesorios	0 €	
IVA	5128 €	
Impuestos de matriculación	93,60 €	
Total (PVP recomendado fabricante)	29641,80 €	
Duración	60 meses	
Kilómetros totales contratados	200000 km	
Kilómetros de franquicia, sin coste	5000 km	
Kilómetro adicional	0,0512 € + IVA	Hasta 200000 km
	0,0651 € + IVA	A partir de 200000 km
Kilómetro no recorrido	0,0462 € + IVA	

Figura A.2.3

Servicios			
			IVA
Alquiler del vehículo (sin IVA)**		284,15 €	59,67 €
	Impuesto de matriculación y tasa	Incluido	
	Impuesto municipal	Incluido	
Servicios (sin IVA)*		296,27 €	62,22 €
	Mantenimiento y averías	Incluido	
	Cambio de neumáticos	16 neumáticos	
	Seguro todo riesgo*	Incluido	
	Asistencia en viaje	Incluido	
	Vehículo de sustitución	No incluido	
	Tarjeta de carburante y peajes	Incluido	
	Gestión de flota y gestión de multas	Incluido	
Total cuota (sin IVA)		580,42 €	121,89 €
Total cuota IVA incluido		702,31 €	
Fianza		702,31 €	

Figura A.2.4

Todos los servicios e intervenciones se realizarán en concensionario oficial Volkswagen.

\* Ajustable en función de la siniestralidad

\*\* Este importe podrá variar en caso de modificación legislativa sobre el I.V.T.M

Datos del vehículo y condiciones

VW LCV TRANSPORTE CHA

Accesorios		
P.F.F vehículo + opciones	23590 €	
Transporte	270 €	
Accesorios	0 €	
IVA	5013,75 €	
Impuestos de matriculación	93,60 €	
Total (PVP recomendado fabricante)	28967,35 €	
Duración	60 meses	
Kilómetros totales contratados	200000 km	
Kilómetros de franquicia, sin coste	5000 km	
Kilómetro adicional	0,0498 € + IVA	Hasta 200000 km
	0,0599 € + IVA	A partir de 200000 km
Kilómetro no recorrido	0,0405 € + IVA	

Figura A.2.5

Servicios			
			IVA
Alquiler del vehículo (sin IVA) **		278,36€	58,46 €
	Impuesto de matriculación y tasa	Incluido	
	Impuesto municipal	Incluido	
Servicios (sin IVA) *		284,15 €	59,67 €
	Mantenimiento y averías	Incluido	
	Cambio de neumáticos	16 neumáticos	
	Seguro todo riesgo *	Incluido	
	Asistencia en viaje	Incluido	
	Vehículo de sustitución	No incluido	
	Tarjeta de carburante y peajes	Incluido	
	Gestión de flota y gestión de multas	Incluido	
Total cuota (sin IVA)		562,51 €	118,13 €
Total cuota IVA incluido		680,64 €	
Fianza		600 €	

Figura A.2.6

Todos los servicios e intervenciones se realizarán en concesionario oficial Volkswagen.

\* Ajustable en función de la siniestralidad

\*\* Este importe podrá variar en caso de modificación legislativa sobre el I.V.T.M

---

# BIBLIOGRAFÍA

---

[Resumen]

- [http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/economia/las-fruterias-sacan-jugo-mal-tiempo\\_749500.html](http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/economia/las-fruterias-sacan-jugo-mal-tiempo_749500.html)

## [3]

- Juan de Dios Ortúzar: *MODELOS DE TRANSPORTE*, Universidad de Cantabria, 2008
- <http://www.iiia.csic.es/udt/es/blog/jrodriguez/2009/vehicle-routing-problem-vehicle-routing-problema-del-enrutamiento-vehiculos>
- <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP/>
- David Escuín Finol: *DESARROLLO DE UN ALGORITMO BASADO EN TECNICAS HEURISTICAS PARA LA RESOLUCION DE PROBLEMAS DE GESTION DE TRANSPORTE*, Universidad de Zaragoza, 2010

## [4]

- [http://www.zaragoza.es/ciudad/consumo/listado\\_Centro?id=118](http://www.zaragoza.es/ciudad/consumo/listado_Centro?id=118)
- [http://www.volkswagen-comerciales.es/es/models/transporter\\_chasis/catalogos.html](http://www.volkswagen-comerciales.es/es/models/transporter_chasis/catalogos.html)
- [http://www.volkswagen-comerciales.es/es/models/transporter\\_furgon/catalogos.html](http://www.volkswagen-comerciales.es/es/models/transporter_furgon/catalogos.html)
- [http://www.volkswagen-comerciales.es/es/models/caddy\\_furgon/catalogos.html](http://www.volkswagen-comerciales.es/es/models/caddy_furgon/catalogos.html)