



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Ingeniería Técnica Topográfica – Plan 97

PROYECTO FINAL DE CARRERA

Sistema de Información Geográfica (SIG), para la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) del municipio del Prat de Llobregat.

Proyectistas: **Rubén Arévalo Garcia y Jordi Martínez Hita**

Director/a: **Mercedes Sanz Conde**

Convocatoria: **Junio 2009**

Resumen

En el presente proyecto de final de carrera se ha desarrollado una aplicación para el diseño de redes de recogida de Residuos Sólidos Urbanos (RSU).

Aspectos como la localización de los contenedores, la estimación de la cantidad depositada en los mismos y la determinación de las rutas optimas de los recolectores, que dependen de variables geográficas, pueden ser analizados con la ayuda de un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Para el desarrollo de la aplicación se ha utilizado el software ArcView 3.2a por medio de sus funciones y el desarrollo de varios scripts (procedimientos o rutinas) en Avenue, así como la utilización de extensiones como el Network Analyst.

El proceso desarrollado se ha aplicado en el distrito 2 del municipio del Prat de Llobregat para diseñar un sistema de recogida de dos fracciones, una de materia orgánica y otra de rechazo o resto, ambas en contenedores de superficie mediante sistema de recogida mono-operador de carga bilateral.

El proceso para diseñar el sistema de recogida de RSU se ha estructurado en cuatro etapas:

- En primer lugar se depura la cartografía digital para conservar únicamente la información necesaria. Partiendo de ella, se dibuja la red que se utilizará con el Network Analyst y se crea la base de datos asociada que tiene como atributos principales el nombre de la calle y el sentido de circulación.
- La segunda etapa consiste en el análisis geográfico de la generación de RSU, que se calcula a partir de factores como la población, para cada una de las calles de la ciudad.
- En la tercera etapa y a partir de la distribución geográfica de la cantidad de residuos generados, se han implementado varios scripts que optimizan la localización y la ubicación de los contenedores.



- En la cuarta y última etapa, se aplican las funciones de la extensión Network Analyst de ArcView con el fin de optimizar el itinerario de recogida.

El presente proyecto se estructura en seis capítulos y 6 anexos. A continuación se resume el contenido de los capítulos:

- En el capítulo primero se establecen brevemente los objetivos y la metodología del proyecto.
- En el capítulo segundo se efectúa una introducción a la gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU). Se describen los conceptos de generación y composición de RSU, así como el modelo de recogida utilizado.
- En el capítulo tercero se define la tecnología de los Sistemas de Información geográfica (SIG) y su aplicación en el proyecto.
- En el capítulo cuarto se presenta el desarrollo de la aplicación SIG, en el distrito 2 del Prat de Llobregat.
- En el capítulo quinto se explica la metodología seguida para la personalización de ArcView, así como todos los scripts utilizados en el desarrollo de la aplicación.
- Finalmente en el capítulo sexto se presenta las conclusiones obtenidas en el presente proyecto.

Índice

1	INTRODUCCIÓN	1
2	GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (RSU).....	3
2.1.	DEFINICIONES PREVIAS	4
2.1.1.	Generación de residuos	6
2.1.2.	Modelo de recogida	8
3	SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)	13
3.1.	DEFINICIONES	14
3.2.	FUNCIONES DE LOS SIG:	14
3.3.	APLICACIONES DE LOS SIG	16
3.4.	TIPOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	19
3.4.1.	Modelo vectorial	20
3.4.2.	Modelo “Raster”	20
3.5.	ANÁLISIS DEL SOFTWARE COMERCIAL DE SIG	21
3.6.	DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO	22
3.6.1.	Posibilidades de programación.	22
3.6.2.	ArcView Dialog Designer.	23
3.6.3.	ArcView Network Analyst.	23
3.6.4.	Database Access.	24
3.6.5.	CadView Tools.	25
3.6.6.	Glosario de términos.	25
4	APLICACIÓN SIG	28
4.1.	METODOLOGÍA	29
4.1.1.	Elección de un SIG	29
4.2.	AMBITO DE APLICACIÓN	31
4.3.	DATOS DE PARTIDA	32

Índice

4.3.1. Datos de población	32
4.3.2. Datos de generación y composición	33
4.4. PREPARACIÓN DE LA RED	33
4.4.1. Obtención de la cartografía digital actualizada	33
4.4.2. Depuración de la cartografía digital	34
4.4.3. Trazado de la red	35
4.5. ANÁLISIS GEOGRÁFICO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS.	41
4.5.1. Zonificación de la ciudad	42
4.5.2. Asignación de valores	46
4.6. LOCALIZACIÓN Y CUBICACIÓN DE CONTENEDORES	50
4.6.1. Localización de los puntos de toma	50
4.6.2. Depuración de los puntos de toma	53
4.6.3. Cubicación de los contenedores	57
4.7. OPTIMIZACIÓN DE RUTAS	61
4.7.1. Cálculo de itinerarios	61
5 PERSONALIZACIÓN DE LA APLICACIÓN Y SCRIPTS	63
5.1. PERSONALIZACIÓN DE LA APLICACIÓN	64
5.1.1. Menú RED	64
5.1.2. Menú RSU	65
5.2. SCRIPTS	67
5.2.1. View.BuscoOrigen	67
5.2.2. View.EditarCalles	67
5.2.3. View.GenerarMapaSentidos	68
5.2.4. View.EditarUnaCalle	69
5.2.5. View.AsignarValores	70
5.2.6. View.LocalizarContenedores	71
5.2.7. View.CubicarContenedores	72

Índice

6 CONCLUSIONES.....	75
ANEXO 1: INFORMACIÓN GRÁFICA.....	78
ANEXO 2: SCRIPTS UTILIZADOS.....	79
ANEXO 3: HOJA DE RUTA ÓPTIMA.....	120
ANEXO 4: BIBLIOGRAFÍA.....	167
ANEXO 5: AGRADECIMIENTOS.....	170
ANEXO 6: ESTRUCTURA DEL CD	172



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

1

Introducción



El objeto del presente proyecto consiste en el desarrollo de una Aplicación que diseñe la gestión de la recogida de los Residuos Sólidos Urbanos en el distrito 2 del término municipal del Prat de Llobregat.

Básicamente, el proyecto constará de dos etapas muy interrelacionadas. Éstas son el desarrollo de la aplicación informática y la utilización de la misma para calcular la gestión de la recogida. La utilización de la Aplicación se centra en dos fases:

- La primera de ellas consiste en la localización de los contenedores atendiendo a diversos criterios que se expondrán en la memoria.
- En la segunda etapa se trazará el recorrido óptimo para la recogida de la red de contenedores previamente.

Esta gestión de la recogida se va a diseñar y, posteriormente analizar, mediante la utilización de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Esta poderosa herramienta de análisis geográfico (o de elementos georeferenciados, como luego se detallará) enlaza la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos con tecnologías SIG disponibles en el sector.



2

Gestión de residuos sólidos urbanos (RSU)

La ciencia es o ha de ser como la buena música, en parte previsible, en parte sorpresa, aunque reconozco que igualmente ayudando a recoger la basura se puede tener de cuando en cuando alguna sorpresa agradable.

Ramón Margalef

2.1. DEFINICIONES PREVIAS

En primer lugar, se debe determinar lo que se entiende por **Residuos Sólidos Urbanos (RSU)**. Según el PROGEMIC¹, los residuos sólidos son los generados en los domicilios particulares, en los comercios, en las oficinas y en los servicios. Incluyen los que no tienen la consideración de residuos especiales y que por su naturaleza o composición se pueden asimilar a los que se producen en estos lugares o actividades. Tienen también la consideración de RSU los residuos procedentes de la limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos, los muebles, los enseres y los vehículos abandonados, los residuos y los escombros procedentes de obras menores y reparación domiciliaria.

Se puede entender como **gestión de los Residuos Sólidos Urbanos (RSU)** al conjunto de operaciones encaminadas a dar a los RSU generados en una determinada zona, el tratamiento global más adecuado, desde los puntos de vista de la ingeniería, económico, medioambiental y sanitario, de acuerdo con las características de los mismos y de los recursos disponibles.

Para el diseño de un sistema de gestión óptimo de los RSU en un núcleo urbano determinado, es imprescindible considerar y relacionar una serie de factores como son:

- **Planteamiento integral del problema de la gestión.** En definitiva, consiste en un análisis conjunto de la generación, presentación, recogida, transporte, tratamiento y eliminación de los RSU; ya que todas las etapas están interrelacionadas.

¹ PROGEMIC(Programa de gestión de residuos municipales de Cataluña 2007-2012)

- **Conocimiento de las características de la zona estudio de la gestión.** Por ejemplo, las variaciones estacionales, el estado de las comunicaciones, aspectos sociales, culturales y económicas, zonas de alto interés ambiental, etc. Para cada lugar concreto existirá una gestión óptima, que puede no serlo en otra zona.
- **Búsqueda de las tecnologías existentes para cada una de las etapas de la gestión.** Por lo tanto, se deberán buscar alternativas tecnológicas para cada subetapa, realizando la elección final en función de diversos factores (fiabilidad, económico, medioambiental, social, sanitario,...). También una combinación correcta de las alternativas y de las tecnologías es fundamental para una correcta gestión de los RSU.
- **Flexibilidad para afrontar cambios futuros.** Ciertas características de los residuos pueden cambiar a lo largo del tiempo, como son las cantidades generadas, su composición, la legislación vigente, etc. Una buena gestión debe ser capaz de asumir todos estos cambios con rapidez y eficacia. Así mismo, las empresas encargadas de la gestión tienen que responsabilizarse de la innovación del sector, adecuándose a las nuevas tecnologías.

Para un correcto estudio de la gestión de los RSU, se debe descomponer el problema global, desde la generación hasta la eliminación, en partes o subsistemas que desarrollen una función concreta e identificar claramente todas las variables implicadas en cada parte de la gestión.

Los elementos o subsistemas funcionales que forman el sistema de gestión son los siguientes:

1. **Generación de residuos:** abarca aquella actividad inicial en la que se estudia y analiza el valor de los residuos, las cantidades generadas, las separadas para reciclaje y las recogidas para un procesamiento adicional.
2. **Modelo de recogida:** Conjunto de sistemas de recogida de residuos y tratamiento posterior de las fracciones recogidas desplegado en un ámbito territorial determinado. Básicamente, se diferencian según los parámetros siguientes:

- a. Modelos de segregación de residuos Recogida.
 - b. Modalidad del sistema de recogida.
 - c. Tecnología de recogida.
3. **Tratamiento:** comprende todos los procesos de recuperación de materiales separados y de separación y procesamiento de componentes de los residuos sólidos. También se incluyen los procesos de transformación utilizados para alterar la forma de los residuos y recuperar productos útiles.
 4. **Transferencia y transporte:** comprende todas las actividades, medios e instalaciones necesarias para trasladar los residuos a lugares distantes a los puntos de generación. Se puede dividir en dos actividades claramente diferenciadas: primera, la transferencia de residuos desde un vehículo de recogida pequeño hasta un equipo de transporte más grande y segunda, el transporte de los residuos a través de grandes distancias a un lugar de tratamiento o de eliminación.
 5. **Eliminación:** o destino último de los residuos o rechazos de instalaciones de transformación y procesado, normalmente son los vertederos controlados.

A continuación, se explicará más detalladamente cada una de las etapas de la gestión que intervienen directamente en el proyecto que tratamos.

2.1.1. Generación de residuos

La cantidad de residuos que se generan en el ámbito doméstico está relacionada con características del sistema económico y cultural predominante que influyen en la valoración de los productos desechables y fomentan unos hábitos de consumo que favorecen la utilización de envases y embalajes prescindibles. También inciden factores como la bonanza del ciclo económico y la percepción, todavía muy generalizada, que los recursos son ilimitados.

Mediante diferentes análisis o estimaciones se intenta averiguar cuál es la tasa de producción de los RSU. Aunque hay diversas modalidades de dar la tasa (m³/día, etc.), la más habitual es la de kg/habitante/día (kg/hab/día). La tasa de generación en el municipio del Prat de Llobregat, tiene un valor medio de **1,16 kg/hab/día**² en el año 2008.

Una vez conocida la tasa de generación de RSU, lo siguiente será averiguar la **composición de los residuos**.

No sólo ha crecido la cantidad de residuos en general, sino que la composición del RSU ha cambiado en las últimas décadas. En los años setenta la materia orgánica representaba más de un 80% del volumen total de los residuos. Ahora, en cambio, los plásticos, los envoltorios y los envases de vidrio y de cartón constituyen la parte más importante. Las ratios de recogida segregada hacen difícil establecer la composición de la llamada "**bolsa tipo**", pero se estima que los porcentajes de cada fracción son los siguientes:

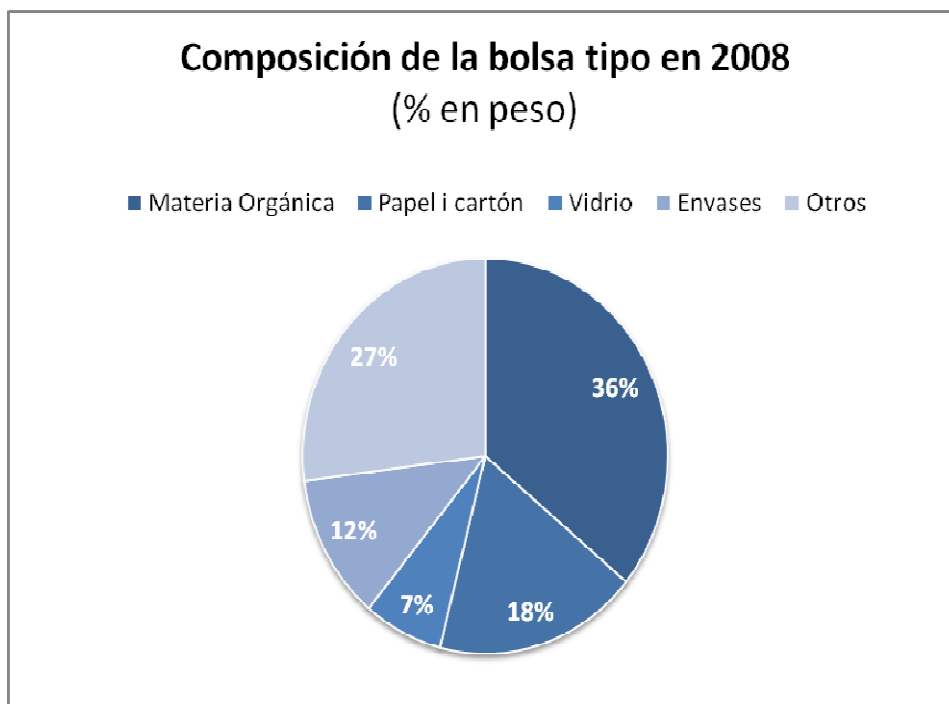


Figura 1: Composición de la bolsa tipo. Fuente PROGEMIC

² Datos Publicados por el Área Metropolitana de Barcelona entidad Medioambiente.

2.1.2. Modelo de recogida

Los entes locales con competencias en la gestión de residuos municipales son los encargados de definir el modelo de recogida más adecuado, considerando las características propias de cada municipio o agrupación municipal. De esta forma, los modelos de recogida de residuos aplicados actualmente en Cataluña se pueden clasificar según:

- **Los tipos de modelos de segregación de residuos:**
 - **5 fracciones**
 - Residuo mínimo
 - Multiproducto
- **La modalidad y ubicación del sistema de recogida:**
 - **Contenedores de superficie (áreas de acera y áreas de aportación)**
 - Contenedores soterrados
 - Puerta a puerta
 - Neumática
- **Tecnología de recogida**
 - Sistema de carga manual (CM)
 - Sistema de carga posterior (CP)
 - Sistema mono-operador de carga lateral (CL)
 - **Sistema mono-operador de carga Bilateral (CBL)**

Cada modelo de segregación de residuos se combina con uno o diversos sistemas de recogida según las características y preferencias de cada municipio.

Nos centraremos en el modelo de recogida basado en segregación de **5 fracciones**, con **contenedores de superficie** y **sistema mono-operador de carga bilateral**, ya que es el modelo que se implantará en el municipio del Prat de Llobregat.

2.1.2.1. Modelo de segregación de residuos: 5 fracciones

La recogida selectiva de 5 fracciones es la opción más extendida en Cataluña.

Modelo 5 FRACCIONES				
Materia Orgánica	Papel y cartón	Envases ligeros	Vidrio	Resto
				

Tabla 1: Modelo 5 Fracciones

La recogida segregada de los envases permite obtener una buena calidad para esta fracción y ahorrar costes en los procesos de selección en comparación con el resto de recogidas que agrupan algunas fracciones.

Aun así, la exigencia al ciudadano es más elevada, y esto se traduce en unos niveles de recogida selectiva, sobre todo de la fracción envases, generalmente inferiores a otros modelos. Para elevar estos niveles son necesarias campañas de comunicación y sistemas de recogida que faciliten la participación de los ciudadanos.

2.1.2.2. Modalidad del sistema de recogida: Contenedores de superficie

La recogida selectiva en contenedores de superficie consiste en colocar en la vía pública contenedores de diferentes tipos, dependiendo de las características de la fracción que haya que recoger, y que posteriormente los ciudadanos utilizan para depositar sus residuos. Periódicamente, los contenedores se vacían siguiendo frecuencias adaptadas a la generación y características de cada fracción de residuos.

Generalmente, la fracción orgánica se tiende a recoger en cubos de dos ruedas, mientras que para el resto de recogidas selectivas se utilizan iglúes y otros contenedores de mayor capacidad. Lo más habitual es que los contenedores del rechazo y de la materia orgánica se coloquen juntos (áreas de acera) y, por otro lado, los de vidrio, los de papel y cartón y los de envases (áreas de aportación). Aunque cada vez más, se tiende a formar islas completas de las 5 fracciones, ya que de este modo se facilita al ciudadano el acceso a la recogida selectiva.



Figura 2: Contenedores de Superficie en área de aportación de 5 fracciones

2.1.2.3. Sistema mono-operador carga Bilateral (CBL)

Sistema en el que sólo es necesario un operador en cabina, que además no tiene que abandonar la misma en ningún momento, ya que el sistema está totalmente automatizado. El operador coloca el camión en paralelo a los contenedores (no tiene que ser una posición exacta) y pulsa un botón que inicia el proceso: se despliega el brazo, localiza mediante sonnar el enganche (tipo Seta F90) del contenedor, lo eleva, descarga y vuelve a colocarlo en su sitio. Todo esto en menos de 90 segundos.

El equipo EASY es el único sistema completamente automatizado para la recogida de los contenedores soterrados de diverso volumen (3, 4, 5 m³) provisto del dispositivo de enganche a Seta F90.



Figura 3: Recolector sistema mono-operador de carga bilateral



Figura 4: Ciclo de carga sistema mono-operador de carga bilateral

- **Funcionamiento**

El Equipo está provisto de un brazo articulado que le permite aproximarse mayormente al plano vial, para poder enganchar el contenedor, y alcanzar un punto de más alto y alejado para poderlo vaciar.

Gracias a su automatismo consigue, en tiempos reducidos, a pre-elevar el contenedor manteniendo una perfecta verticalidad y, después de la fase de descarga, a colocarlo exactamente en la posición precedentemente ocupada.

- **Equipamiento.**

El equipamiento más adaptado a la recogida de estos novedosos contenedores es seguramente el provisto de una caja compactadora que puede estar fijada al autobastidor o con la instalación de un porta contenedores de gancho.

- **Ventajas.**

Seguramente el punto fuerte del equipo bilateral es su versatilidad, porque puede recoger desde un volumen reducido como el de los contenedores de superficie de 1800 litros, hasta un volumen mucho más elevado como el de los contenedores soterrados de 5000 litros.

La Homogeneidad y uniformidad en la tipología de contenedores, es una de las mayores percepciones que tienen los ciudadanos en la implantación de este sistema.

Otra de las grandes ventajas, es la polivalencia entre los equipos de recogida y limpieza de contenedores, ya que pueden compartir autobastidor.



3

Sistema de Información Geográfica (SIG)

3.1. DEFINICIONES

Los Sistemas de Información Geográfica (S.I.G.), se pueden definir como una tecnología informática para gestionar y analizar información espacial. Más comúnmente se los puede denominar como una base de datos de tipo espacial.

Junto a estas definiciones, se encuentra una gran variedad de ellas, enfatizando a veces en el aspecto informático o en el geográfico. Como ejemplo, se citan a continuación algunas de estas definiciones del libro anteriormente citado:

“Un Sistema de Información Geográfica es un tipo especializado de base de datos, que se caracteriza por su capacidad de manejar datos geográficos, es decir, espacialmente referenciados, los cuales se pueden representar gráficamente como imágenes”

“Un sistema de hardware, software y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión”

A parte de la denominación tradicional de los SIG, en algunos campos también se les denomina Sistemas de Información Georeferenciada.

3.2. FUNCIONES DE LOS SIG:

Los SIG tienen básicamente las siguientes cuatro funciones:

1. Funciones para la entrada de la información:

Una vez se ha obtenido la información, que ya de por sí es un proceso largo y complejo, hay que preparar esa información para que sea entendida por el SIG. Habitualmente, este proceso consiste en convertir la cartografía analógica a formato digital mediante la digitalización o similares.

Posteriormente, existe un proceso de corrección de errores de la etapa anterior. Hoy en día, la obtención de cartografía digitalizada se realiza de un modo más sencillo al existir mayor oferta en el mercado, siendo su principal proveedor el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) o Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC).

Del mismo modo será necesario obtener la información temática que acompaña al SIG. Aunque muchos SIG poseen su propio sistema de edición y gestión de bases de datos (SICAD-YADE, ArcView, ...), la mayoría se basan en bases de datos relacionales exteriores (dBASE, Oracle, MSAccess, ...) que son el formato más utilizado por las empresas. Los propios SIG pueden adaptar estas bases de datos o bien conectarse a ellas con una relación cliente/servidor (SQL Server).

2. Funciones para la salida/representación gráfica y cartográfica de la información:

Se refiere a las actividades que sirven para mostrar al usuario los propios datos incorporados en la base de datos relacional del SIG, y los resultados de las operaciones analíticas realizados sobre ellos. Esto da como resultado los mapas, gráficos, tablas que serán utilizados para las presentaciones bien en formato informático o sobre papel.

3. Funciones de gestión de la información espacial:

De esta forma aprovechamos las bases de datos, la que tiene información espacial y la temática, para realizar consultas y obtener lo que se desea de la cartografía.

4. Funciones analíticas:

Facilitan el procesamiento de los datos integrados en el SIG de modo que sea posible obtener mayor información, y con ella mayor conocimiento del que inicialmente se disponía. Esta es una de las características más utilizadas en un SIG, ya que gracias a ella, se pueden estudiar simulaciones sobre un mismo caso para, de esta manera, obtener un mejor análisis. De todas las funciones analíticas, una de las utilizadas es, por ejemplo, el análisis de redes.

3.3. APLICACIONES DE LOS SIG

Para poder comprender de un modo más completo toda la tecnología de los SIG, a continuación, se van a detallar varias de sus aplicaciones actualmente desarrolladas. Cada aplicación es fundamentalmente un desarrollo particular del programa de SIG utilizado.

Estos avances se pueden dar en diferentes campos de la tecnología: el informático (mejorando la representación digital de la cartografía, avanzando en los procedimientos internos de los SIG,...), el topográfico y geodésico (disminuyendo la cantidad y envergadura de los errores en la cartografía, ...), etc.

Todas estas aplicaciones se desarrollan a partir del SIG comercial. La mayoría de los SIG tienen una posibilidad de avance, gracias a los lenguajes de programación paralelos. Algunos paquetes comerciales tienen su propio lenguaje de programación (ArcView) y otros se basan en lenguajes ampliamente utilizados (Visual Basic, C++, Visual C, ...). Sin embargo, todos los SIG comerciales pueden apoyarse en uno de estos últimos lenguajes para su desarrollo. Sin embargo, es más clarificador presentar una clasificación de las aplicaciones en función de donde se apliquen:

1. **Inventario y gestión de los recursos naturales.**
2. **Los SIG simplemente como archivos espaciales.**

Consiste en convertir la abundante información de la cartografía sobre papel en digital. Se enfatiza en la conversión y no en un análisis posterior de la misma.

3. **Planificación y gestión urbana.**

Las dos bases de datos que se necesitarán son aquella que tiene elementos espaciales (calles, edificios, equipos municipales, ...) y la base de datos temática (datos del padrón de población, económicos, ...). Con estos datos, las aplicaciones que están generando los Ayuntamientos actualmente son, por ejemplo, la elaboración de rutas óptimas para la circulación de los vehículos municipales, colaboraciones con el departamento correspondiente para la elaboración del Plan General de ordenación Urbana (P.G.O.U.)

4. Catastros y Sistema de Información Catastral (SIC/LIS).

La información catastral consiste en el registro oficial de propiedades y de valores del suelo para así, establecer los impuestos correspondientes. Con los SIG lo que se consigue es la automatización de la tarea, obteniéndose también una inmejorable salida gráfica.

5. Gestión de Instalaciones (AM/FM).

Estas iniciales vienen del inglés Automatic Mapping/Facilities Management. Este tipo de aplicaciones son las más ampliamente desarrolladas en la actualidad. Su desarrollo viene condicionado, fundamentalmente, por la llamada tecnología de componentes (aunque otras aplicaciones también se desarrollen por esta tecnología, su verdadero desarrollo se presenta aquí), es decir, a partir de un SIG comercial se programan unas nuevas aplicaciones en forma de componentes independientes del SIG, pero que funcionan dentro de él.

6. La utilidad del SIG en estos casos es la de gestionar correctamente cualquier tipo de infraestructura:

Redes de abastecimiento, tendidos eléctricos, instalaciones de gas, de telefonía, etc. El SIG interviene desde la fase misma del diseño de las redes hasta en las fases de mantenimiento y reparación de las redes. Esta aplicación AM/FM consiste en la unión de la herramienta gráfica (AM) con la base de datos temática (FM).

7. Geodemografía y marketing.

La finalidad de esta aplicación es estudiar las características demográficas, sociales, económicas que existen en un área determinada (barrio, ciudad, distrito, ...) para alcanzar alguno de los siguientes objetivos:

- Localizar comercios.
- Determinar las zonas más propicias para lanzar campañas publicitarias

- Creación de distritos geográficos homogéneos en cuanto a alguna característica predeterminada (cercanía a un centro comercial, ...)
- Análisis de la penetración en el mercado de productos comerciales

8. Transporte.

La utilidad del SIG es fundamentalmente la elaboración de rutas para vehículos. Teniendo la cartografía digital de, por ejemplo, una ciudad, al detallar los puntos concretos por los que el SIG tendría que pasar, él mismo nos daría la ruta óptima. Esta aplicación unida a la tecnología del GPS (Global Position System) que nos da las coordenadas en la que está situado el camión, podrá en un futuro indicar la ruta que deberá para llegar al destino teniendo en cuenta al tráfico a esa hora, los posibles accidentes, etc.

Junto a estas aplicaciones básicas, se están abriendo unas nuevas que tendrán los SIG como una herramienta más de trabajo. Entre ellas cabe destacar todo tipo de aplicaciones medioambientales, que abarcan desde la gestión de residuos hasta el análisis de los acuíferos para ver la contaminación producida por un vertido incontrolado. Los estudios de Impacto Ambiental se pueden realizar también de una manera más fácil y cómoda en el caso, por ejemplo, del trazado de carreteras, de construcciones de presas, etc.

En definitiva, los SIG tienen su utilización en aquellas empresas que en su trabajo normal utilicen mapas y basen muchas de sus decisiones en criterios geográficos. Es en este caso cuando todas las herramientas gráficas de análisis adquieren todo su potencial, ya que sin el concurso de la informática la toma de decisiones para una gestión correcta es más compleja.

3.4. TIPOS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Existen dos tipos de SIG cuya diferencia fundamental es el modo de la representación digital de los datos geográficos. Como es sabido, una de las dificultades de los SIG estriba en que es necesaria una conversión de los datos geográficos analógicos (mapas) a una representación digital. Las dos formas de realizar esta conversión son:

1. Representación vectorial.
2. En el modelo vectorial se representa los objetos especiales codificando, de modo explícito, sus fronteras o límites. Estas líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los vértices de los segmentos que la forman. Entonces, los objetos puntuales se representará, mediante su par de coordenadas (X, Y), las líneas mediante las coordenadas de los vértices de los segmentos que las forman, y los polígonos se codifican aproximando sus fronteras a segmentos de los que se guardarán las coordenadas de sus vértices. Este tipo de representación digital es la más intuitiva y cercana a los mapas tradicionales, por lo que su uso es extendido, aunque sea más complejo. Por último, constatar que una de las representaciones vectoriales más famosas y utilizadas es la estructura arco/nodo.
3. Representación tipo "raster". Mientras que en el modelo vectorial se codificaban las fronteras de los objetos, en este caso sólo se va a registrar el interior de los mismos, quedando los límites implícitamente representados. Para realizar este tipo de codificación, se superpone al mapa analógico una rejilla de unidades elementales, de igual forma y tamaño, y en cada unidad se registra el valor que el mapa analógico adopta. La resolución de la conversión dependerá directamente del tamaño de la unidad. A continuación, se van a detallar en las siguientes tablas, a modo de conclusión, las ventajas e inconvenientes de cada uno de los tipos de representación.

3.4.1. Modelo vectorial

MODELO VECTORIAL	
VENTAJAS	INCOVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> Estructura de datos compleja, debido a la necesidad de realizar cálculos largos y complejos. No permite el escaneado de planos. En la actualidad, cada vez es mayor los SIG vectoriales que los permiten mediante complicados algoritmos. 	<ul style="list-style-type: none"> Estructura de datos compleja, debido a la necesidad de realizar cálculos largos y complejos. No permite el escaneado de planos. En la actualidad, cada vez es mayor los SIG vectoriales que los permiten mediante complicados algoritmos.

Tabla 2

3.4.2. Modelo "Raster"

MODELO RASTER	
VENTAJAS	INCOVENIENTES
<ul style="list-style-type: none"> Estructura de datos simple, permitiendo realizar procesos de análisis fáciles y rápidos. Facilidad en la entrada de datos geográficos pertenecientes a sensores remotos y escáners. Mayor rapidez en las operaciones de superposición de mapas. 	<ul style="list-style-type: none"> Grandes volúmenes para el almacenamiento de datos. Menor calidad en la representación gráfica. Dificultad en la representación de elementos lineales, tales como carreteras, líneas telefónicas, etc.

MODELO RASTER

- Bajo coste del hardware y del software
- Escasa precisión en el cálculo de superficies, distancias, etc.

3.5. ANÁLISIS DEL SOFTWARE COMERCIAL DE SIG

En la actualidad se encuentran en el mercado una gran cantidad de programas informáticos en el entorno SIG. Este software de sistemas de información geográfica se puede clasificar en las siguientes categorías: comerciales, de dominio público y de enseñanza. A su vez, éstos software también se pueden dividir, evidentemente, en SIG de representación vectorial y “raster”.

Los paquetes comerciales han sido desarrollados en los últimos años por diferentes empresas encargadas de su mantenimiento y actualización. Los más importantes son el ARC/INFO y el ArcView de la casa ESRI, el TIGRIS y el MICROSTATION de INTERGRAPH, ERDAS de ERDAS, MAPINFO de MAPINFO, etc. Mientras hace unos años, este software era enorme, monolítico y difícil de aprender, aplicar y modificar; hoy en día, los programas.

Los SIG se están desarrollando de modo que el personal requiera la menor formación posible y que, además, posea una alta flexibilidad frente a las modificaciones y las tendencias futuras (desarrollo de la tecnología de componentes, flexibilidad gracias a las relaciones cliente/servidor, ...). Por último, dentro del software comercial, cabe realizar otra clasificación: entre los modelos vectoriales y los “raster”.

Luego está el software de dominio público, que son elaborados por instituciones estatales u otras entidades públicas. La distribución suele ser gratuita o a un precio bajo a disposición de cualquier usuario. Como ejemplos de este software se encuentran:

GRASS del cuerpo de Ingenieros del Ejercito Americano, ODYSEY del Laboratorio de Análisis Espacial de la Universidad de Harvard, etc.

Los programas SIG cuyo fin sea la enseñanza quieren posicionarse en un lugar intermedio entre los comerciales y los públicos. Su coste es bajo, y su representante más importante es el IDRISI de la Universidad de Clark. Una de las funciones más importantes de este tipo de programas es la de iniciar al usuario en el mundo de los SIG, familiarizándose con los diferentes conceptos. El IDRISI es uno de los ejemplos más clásicos de los SIG con modelo “raster”, que como se han detallado antes tienen un coste inferior.

3.6. DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE UTILIZADO

El software que se va a utilizar es uno de los más conocidos dentro del campo de los Sistemas de Información Geográfica. En concreto, el SIG comercial es el ArcView 3.0a, de la multinacional ESRI (Environmental Systems Research Institute, Inc.). El ArcView 3.0a es de los más conocido como el visualizador del otro Sistema de Información Geográfica de la casa ESRI, el ARC/INFO. Evidentemente, el ARC/INFO es un sistema mucho más potente que el ArcView, para cualquier tipo de análisis geográfico. Sin embargo, para la consecución del objetivo del presente proyecto fin de carrera, el ArcView es la herramienta adecuada por tener una interface gráfica muy sencilla y tener muchas de las posibilidades gráficas del ARC/INFO gracias a su propio lenguaje de programación (Avenue).

A continuación, se van a describir características del ArcView 3.0a y algunas de sus extensiones de calculo que se utilizarán para el proyecto fin de carrera. Al final de este apartado se incluye un glosario de términos a modo de resumen con el único fin de no perderse en la cantidad de palabras específicas de este sistema de información geográfica.

3.6.1. Posibilidades de programación.

Avenue es el lenguaje de programación de ArcView. Con él se pueden realizar de forma automáticamente todas las funciones del SIG. Además de las típicas ventajas de la programación, se puede llegar a desarrollar muchas más aplicaciones en los diferentes sectores específicos. Además, de programar rutinas para las nuevas aplicaciones (internas al programa), también se llega a personalizar la Interface Gráfica del Usuario (GUI) con el fin de facilitar la utilización de la aplicación con personal no familiarizado con la

aplicación. A cada programa en Avenue se le llama script, y están asociados al proyecto en el que han sido escritos mientras no se diga lo contrario.

El Avenue es un lenguaje de programación del tipo orientado a objetos, es decir, un lenguaje en el que se tienen objetos (instancias a clases), y solicitudes a objetos. Las clases que tiene son limitadas (exclusivamente las relacionadas con las bases de datos espaciales y temáticas), es por esto, que si queremos crear nuevas clases para crear aplicaciones más potentes, es obligatorio establecer una conversación (DDE o DLL) con el Visual Basic o con cualquier otro lenguaje similar.

3.6.2. ArcView Dialog Designer.

A continuación, se van a detallar todas las extensiones que ofrece ESRI para ampliar las utilidades del software básico del ArcView 3.0a. Esta es una de las extensiones más utilizadas por los usuarios de ArcView 3.0a, con la que se crean Diálogos o ventanas de diálogo. Sirven principalmente para visualizar resultados, entrada de datos del usuario, etc. Su realización es sencilla y es necesario asociarle uno o más scripts para que realice el objetivo de la aplicación. Normalmente, se modificará la interface gráfica al cargar la aplicación.

3.6.3. ArcView Network Analyst.

Esta una extensión que se utilizará para el análisis de redes. Para ello, las líneas, que serán los elementos de la red, deberán estar perfectamente conectadas, según se describe en el Manual del ArcView Network Analyst. También, se puede poner a las líneas atributos especiales de las redes como son: longitud, única dirección, limite velocidad, puentes, giros prohibidos, etc. Los tipos de datos que se usarán para esta extensión son los mismos que se han descrito antes para el ArcView.

Con esta extensión se podrán realizar las siguientes operaciones:

1. Encontrar la mejor ruta entre varios puntos situados en la red. Se hace con Find Best Route y nos dará como resultado la ruta y el coste de transporte (distancia, coste, ...).

2. Encontrar el elemento de un tema más cercano a un punto de la red. Se hace con Find Closest Facility, p.ej., para averiguar cual es el hospital más cercano a un accidente.
3. Averiguar que elementos de un tema están a menos de una determinada distancia de uno o varios sitios determinados. Se utiliza Find Service Area, p.ej., qué fincas de vecinos están a menos de 10 minutos del centro comercial.

Por último, todas estas operaciones se pueden programar con el Avenue. Del mismo modo, también se pueden crear nuevas aplicaciones con las utilidades de esta extensión.

3.6.4. Database Access.

Esta es la extensión que diferencia al ArcView 3.0a del ArcView3.1. Consiste en la posibilidad de usar las bases de datos relacionales de nuestro sistema de gestión (SGBD) desde el ArcView. Se realizarán preguntas mediante el lenguaje de programación SQL (Structured Query Language) a la base de datos, y, de esta forma, se analizará desde al ArcView lo que se haya preguntado en el propio SGBD. Además de esta finalidad básica de la extensión, se pueden realizar muchas otras funciones de los Sistema de Gestión de Bases de Datos más modernos del mercado. Usando esta extensión aparecen los Database Themes.

Estas preguntas se realizarán mediante una relación cliente/servidor, siendo este último el terminal que contiene las bases de datos originales con el software de Spatial Database Engine (SDE). Trabajaremos con datos de otra base de datos, situada en otro ordenador (hasta ahora sólo era en el mismo). De esta forma, pueden trabajar varios terminales con las mismas o distintas aplicaciones SIG refiriéndose a la misma base de datos, que estará situada en otro terminal.

Por último, constatar que esta es una de las herramientas que se están utilizando con más asiduidad en las más modernas aplicaciones de los SIG. Sobre todo, en organismos públicos con un ordenador central, gracias a la conexión en red (interna o externa) de los diferentes terminales.

3.6.5. CadView Tools.

Esta es la única extensión que no ha sido creada por la casa ESRI. Mientras que el resto de las extensiones anteriores son productos de la multinacional, ésta última ha sido programada por un usuario del ArcView, y ha sido suministrado por la propia casa ESRI en su página web. Esta es una aclaración que es importante a la hora de ver la aplicación de la misma.

Aunque es una herramienta poco poderosa, ya que tiene muy pocas nuevas aplicaciones. Básicamente, ésta extensión proporciona unas herramientas no tan poderosas como el ArcCAD (especie de programa de enlace entre un SIG comercial como el ARC/INFO y el ArcView, y un programa de diseño asistido por ordenador) pero útiles al fin y al cabo. Cuando la cartografía utilizada proviene de un programa CAD, existen ciertas aplicaciones que ayudan mucho el trabajo. Por ejemplo, y gracias a esta extensión, se pueden diferenciar en distintos temas las distintas capas de un dibujo CAD. En la conversión del dibujo CAD al ArcView, se introduce el texto del CAD como un nuevo tema de tipo “anotación”. En esta extensión, se pueden introducir las anotaciones como atributos del tema correspondiente facilitando el análisis.

3.6.6. Glosario de términos.

Se van a detallar a modo de resumen los términos más utilizados en el desarrollo del presente proyecto fin de carrera.

- **Proyecto:** es el archivo donde se guarda toda la información, y todos los análisis que se realizan sobre ella.
- **Vista:** toda la información geográfica se guarda en las vistas. Desde ella se puede acceder a las bases de datos asociadas a cada uno de los temas.
- **Tema :** Es la forma de representar los datos de tipo geográfico (comunicaciones, instalaciones de suministros, etc) en las distintas vistas del proyecto. Existen tres tipos de temas en función del elemento geográfico que representan: puntos, líneas y polígonos. Cada tema tiene una base de datos asociada.

- **Tabla de atributos:** Es la base de datos asociada a cada uno de los temas. Tendrá siempre un campo llamado “Shape” que representa el tipo de elemento geográfico (punto, línea o polígono). Además, podrá tener otros campos que almacenarán distintos atributos, de carácter temático, de interés para la aplicación.
- **Registro:** Una tabla, y por lo tanto un tema, está compuesto de muchos elementos. A cada uno de ellos se le denomina registro.
- **Legend Editor:** Consiste en el editor de la leyenda de un tema, y proporciona al usuario multitud de recursos a la hora de realizar una visualización adecuada del tema. Sus posibilidades van desde elegir un símbolo específico de tamaño variable hasta la variación de color en función de los valores guardados en un determinado campo de la tabla de atributos.
- **GUI:** Son las siglas de Interface Gráfica del Usuario. Consiste básicamente en determinar la forma en la que el SIG interacciona con el usuario. Se compone de los menús, los botones y las herramientas (tools) que significarán distintos órdenes al programa.
- **Script:** Es un programa, mediante el cual, el usuario del SIG puede conseguir unas aplicaciones que de principio no tiene. Se escribe en un lenguaje orientado a objetos propio del ArcView, el Avenue. Se pueden introducir como nuevos menús, botones y herramientas en la GUI.
- **Edición:** Para modificar los valores temáticos de la tabla asociada a un tema, y para añadir o borrar alguno de los registros de un tema, éste (o la tabla asociada) deberán estar en modo edición.
- **Ficheros:** Los formatos con los que el ArcView almacena los distintos tipos de datos son los siguientes: .shp (para los temas), .dbf (para las bases de datos, similar al formato utilizado por el dBASE), y .shx (enlace interno entre los temas geográficos y las bases de datos temáticas).

A continuación, se van a detallar algunos de los comando que más se utilizan en la metodología descrita en la memoria.

- **Query:** Con esta orden, el SIG efectúa una consulta a la base de datos de un tema. El resultado es la selección de todos aquellos registros que cumplen la consulta (p.ej., ¿qué calles miden más de 60 metros de longitud?).
- **Calculate:** Cualquier campo de la tabla de atributos puede calcularse mediante unas sencillas formulas matemáticas, en función de los valores en otros campos de la misma tabla. P.ej., el campo volumen de residuos será igual al valor del campo de cantidad de residuos dividido por la densidad de estos.
- **Summarize:** Cuando varios registros de la misma tabla tienen el mismo valor temático en uno de sus campo (p.ej., en una tabla que indique los habitantes de una ciudad, varios vecinos vivirán en la misma calle), este comando del ArcView permite calcular todos los vecinos de esta calle, y el resto de los valores de la tabla correctamente ponderados.



4

Aplicación SIG

4.1. METODOLOGÍA

4.1.1. Elección de un SIG

El primer paso será un análisis objetivo de los distintos productos SIG existente en el mercado. En el apartado anterior de la descripción del software se pueden ver los ejemplos más utilizados en el sector. En primer lugar, se tendrán en cuenta cuales son los objetivos de la aplicación, para detallar una serie de criterios de selección que se enumeran a continuación.

Por lo tanto, el sistema de información geográfica elegido deberá poseer las siguientes características:

- Soportar la mayor parte de formatos existentes para datos espaciales. En particular, interesa los dibujos CAD, algunos modelos vectoriales, las fotos digitalizadas y los modelos digitales del terreno. Aunque alguno de ellos, no se utilizará para el análisis propiamente dicho, si se usa para una mejor representación gráfica.
- Tener una salida gráfica lo mejor posible. El sector en el que se va aplicar el SIG no se destaca por su avanzada tecnología. Es por esto, que deberá tener una interface gráfica sencilla y con las mayores posibilidades.
- Tener una posibilidad de desarrollo avanzada. Seguramente, las funciones básicas del SIG no realizarán todas las operaciones que se deseen. Por esta razón, se intenta que el SIG pueda realizar nuevas aplicaciones desarrollando componentes. Ésta programación de las componentes deberá ser lo menos complicada posible, huyendo de los lenguajes propios, complejos y arcaicos. Se buscará un lenguaje de programación lo más moderno posible, fácil para que requiera la menor formación posible y con altas posibilidades.
- Posibilidad de incluir datos temáticos de las más variadas fuentes. Las bases de datos pueden provenir de un servidor en el mismo terminal o un servidor remoto (con conexión en red). Estos servidores deberán ser lo más universales

posibles con el fin de facilitar la compatibilidad, como por ejemplo Oracle, MSAccess, etc. Del mismo modo, estos datos también interesa que puedan proceder de servidores en tiempo real o “casi” real, gracias a tecnologías del tipo GPS o GSM.

- Incluir en el software un amplio abanico de instrucciones analíticas del cálculo de redes. Esto se debe principalmente al objetivo último del presente proyecto, el análisis de la recogida de RSU. Evidentemente, la red de tráfico de la zona de trabajo se modelará con una red, sobre la que habrá que hacer todo tipo de cálculos.
- El software elegido deberá estar implantado en el mayor número de empresas del sector posible. Muchas de estas empresas son concesionarias de las Administraciones Públicas. Por lo tanto, ya que el objeto del presente proyecto fin de carrera está dirigido a este tipo de empresas, será un factor a tener en cuenta.

Todas estas características son los criterios básicos de elección. Estos criterios se pueden resumir en dos: realizar preguntas para optimizar la aplicación, y realizar una salida gráfica lo mejor posible.

A parte de estos criterios básicos para esta aplicación, no se debe olvidar la aplicación principal a la que está destinada: **la optimización de la recogida de los residuos sólidos.**

La primera elección a tomar consiste en la decisión entre un SIG comercial, de dominio público o educacional. Al ser una aplicación eminentemente comercial, se ha elegido un SIG de este tipo por poseer, generalmente, unas altas prestaciones y más flexibilidad frente adaptarse a los cambios que puedan deparar los avances tecnológicos.

De entre todos los paquetes comerciales analizados se ha elegido el ArcView en la versión 3.0a de la casa ESRI. Es uno de los SIG que además de cumplir con las exigencias anteriores, tiene una característica adicional muy importante: mientras que el ArcView es un SIG muy fácil de manejar y, tiene como base al potente SIG ARC/INFO con altas prestaciones de análisis geográfico que se puede utilizar en cualquier momento. Sin

embargo, el ArcView tiene una desventaja frente al resto, pero que tiene fácil solución. Éste SIG tiene unas posibilidades de desarrollo limitadas con el Avenue, un lenguaje de programación orientado a objetos propio del ArcView. Si no se alcanzan las posibilidades de desarrollo prometidas, el ArcView tiene una capacidad de desarrollo adicional mediante relaciones cliente/servidor a través del VisualBasic y el entorno Windows.

4.2. AMBITO DE APLICACIÓN

El Ámbito de Aplicación será el distrito 2 del municipio del Prat de Llobregat; a esta zona se le denomina Zona de trabajo.

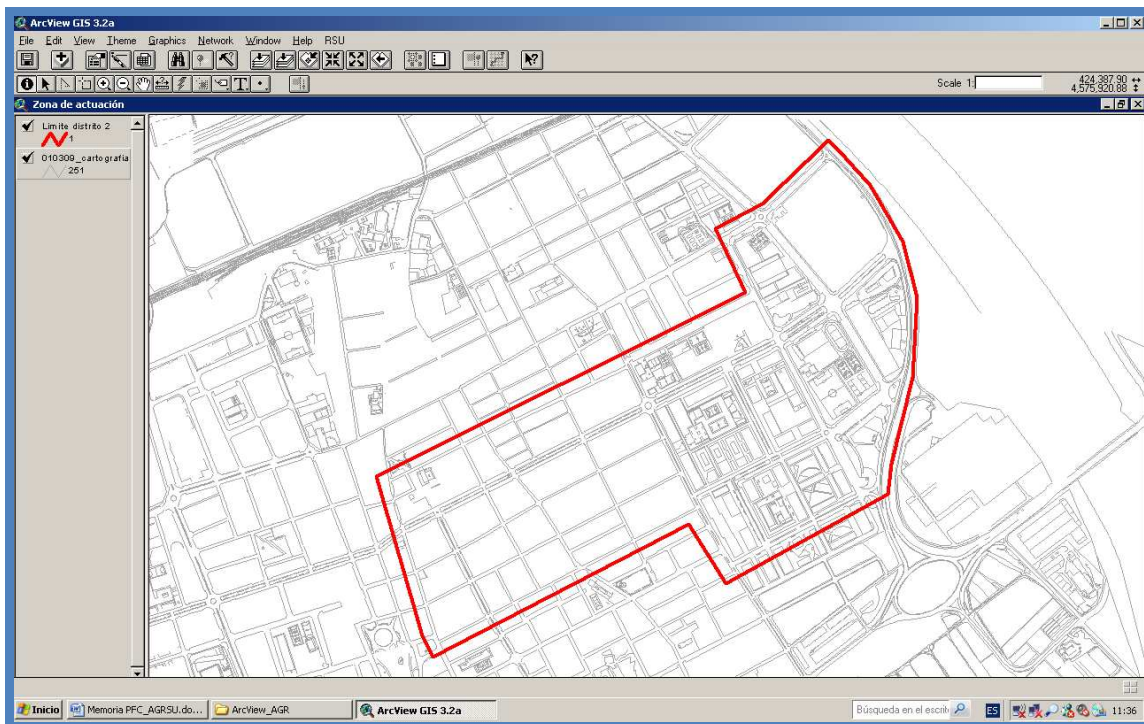


Figura 5: Zona de trabajo (Distrito 2 El Prat de Llobregat)

Esta Zona de actuación es lo suficientemente significativa desde el punto de vista del sector de Residuos. Si todo el municipio tiene una población de 63.136 habitantes, en esta zona viven 12.572 vecinos, lo que equivale a un estudio de 19,91% de la población urbana.

Se pretende plantear la solución a la recogida de RSU por un período de 8 años. No obstante, con el modelo se pueden obtener resultados a más largo plazo sin más que prever los datos futuros.

Los residuos sólidos que se pretenden gestionar son concretamente la fracción orgánica y resto. No se ha planteado la recogida selectiva (papel, vidrio y envases), ya que en muchos municipios esta es gestionada por entes externos (consejos comarcales, área metropolitana, etc.). No obstante, su planteamiento se haría siguiendo este mismo modelo.

4.3. DATOS DE PARTIDA

Básicamente todos los datos utilizados han sido obtenidos del pliego de condiciones técnicas del Ayuntamiento del Prat de Llobregat. A continuación pasamos a detallar esta documentación:

4.3.1. Datos de población

Distribución de la población del distrito 2 por sección y sexo				
Sección	Hombres	Mujeres	Total	% total
1	801	878	1.679	2,66%
2	947	991	1.938	3,07%
3	642	635	1.277	2,02%
4	989	912	1.901	3,01%
5	837	822	1.659	2,63%
6	1.115	1.126	2.241	3,55%
7	935	942	1.877	2,97%
Total D2	6.266	6.306	12.572	19,91%

Tabla 3: Fuente Ayuntamiento del Prat de Llobregat

4.3.2. Datos de generación y composición

Los datos de generación fueron han sido facilitados por el departamento técnico de Ayuntamiento del Prat de Llobregat para el año 2009.

Estimación de Toneladas de Recogida año 2009					
Total	Papel y cartón	Envases ligeros	Vidrio	Materia Orgánica	Resto
26.782	1.651	652	772	3.079	20.629

Tabla 4: Estimación de Toneladas de la Recogida por Fracciones

Finalmente, la tasa de generación diaria considerada en la presente aplicación práctica es de **1,16 kg/hab/día**.

Estimación de composición de Recogida año 2009					
Total	Papel y cartón	Envases ligeros	Vidrio	Materia Orgánica	Resto
100%	6%	2%	3%	11%	77%

Tabla 5: Estimación de la composición de la Recogida

4.4. PREPARACIÓN DE LA RED

4.4.1. Obtención de la cartografía digital actualizada

Para la obtención de la cartografía digital se ha contactado con el Ayuntamiento de El Prat de Llobregat. El formato utilizado es Autocad. La escala es de 1:5.000, suficiente para nuestra aplicación. Dicha información está a disposición del público.

Se ha de tener en cuenta que la mayoría de cartografía que podemos adquirir, tienen algunos errores, que aunque se pueden asumir por un sistema CAD, no lo son en absoluto por un sistema de información geográfica. A modo de ejemplo, se detallan a continuación una serie

de errores típicos: aceras no cerradas, manzanas no cerradas, etc. Todos estos errores se depurarán en la siguiente etapa del proceso.

Por último, uno de los problemas más habituales que nos podemos encontrar con la cartografía (tanto en papel como digital) consisten la actualización de esta.

4.4.2. Depuración de la cartografía digital

Como se ha comentado antes, la cartografía digital que se consigue tiene errores difíciles de asumir por un sistema de información geográfica. Por ejemplo, muchos de los dibujos CAD pueden llegar a tener errores como:

- Algunas líneas no son limpias, sino que provienen directamente de restitución, sin ser previamente editadas y depuradas.
- Extensos tramados, que aunque dan a los planos finales cierto carácter de planos temáticos, resultan unos archivos de tamaño elevado.
- Líneas, polilíneas y textos dando la misma información de forma repetida.
- Algunas polilíneas cerradas con áreas pequeñas, pueden dar lugar a polígonos, con la consiguiente dificultad en el análisis de la información.
- Aparición de capas con información confusa, o bien no se sabe a que está representando, o bien ésta no es coherente.
- Aparición de pequeñas polilíneas o puntos que no se saben que representan

En consecuencia, los ficheros son pesados y poco claros para el análisis visual. Los ficheros alcanzan tamaños desorbitados para la aplicación.

Por lo tanto, la tarea principal en esta fase de depuración de la cartografía consistirá es reducir el tamaño de los ficheros CAD y conseguir una cartografía más limpia, a esto recibe el nombre de generalización. Para la primera operación, se eliminarán aquellas capas con información no necesaria para la aplicación. Por ejemplo, si la aplicación del presente

proyecto consiste en la optimización de la recogida de RSU, no interesa la situación de los postes telefónicos, ni los tendidos eléctricos.

Para conseguir una cartografía digital más limpia con la que poder trabajar en el sistema de información geográfica, son necesarios la eliminación de los errores antes mencionados. Por ejemplo, se eliminarán aquellas polilíneas que no aporten ninguna información, se unirán las polilíneas que no están cerradas pero que deberían estarlo, en definitiva, se simplificará la información al máximo.

Evidentemente, esta es una de las etapas con mayor inversión de tiempo.

4.4.3. Trazado de la red

Para el trazado de las calles se parte de la cartografía, ya depurada, del municipio (en esta aplicación será el distrito 2 del Prat de Llobregat). Inicialmente, será necesario determinar claramente cuál va a ser la zona de estudio.

Debido al gran volumen de arcos y nodos obtenidos en la red total del municipio, por mutuo acuerdo con la tutora del proyecto se decidió no implantar la aplicación a todo el municipio, sino demostrar que esta es viable. Por eso en esta implantación concreta, se va analizar sólo una parte determinada del municipio, el distrito 2, el cuál es lo suficientemente representativo para el estudio.

Un vez realizada toda la parte de digitalización y edición del mapa, el siguiente paso es la importación o conversión del mismo por niveles a Arc/Info, dónde también se creará la estructura topológica necesaria por la posterior importación a Arc/View.

En el proceso de la importación del fichero desde Autocad a Arc/Info los niveles pasan a ser coberturas³. Las coberturas pueden ser compuestas por varios niveles, pero para facilitar la conversión mejor importar cada nivel a una cobertura. Así, la conversión se hace nivel por nivel creando coberturas a Arc/Info con puntos, arcos o polígonos según las necesidades.

³ Una cobertura es una capa de información que consiste en un conjunto de elementos cartográficos relacionados topológicamente, junto con sus atributos.

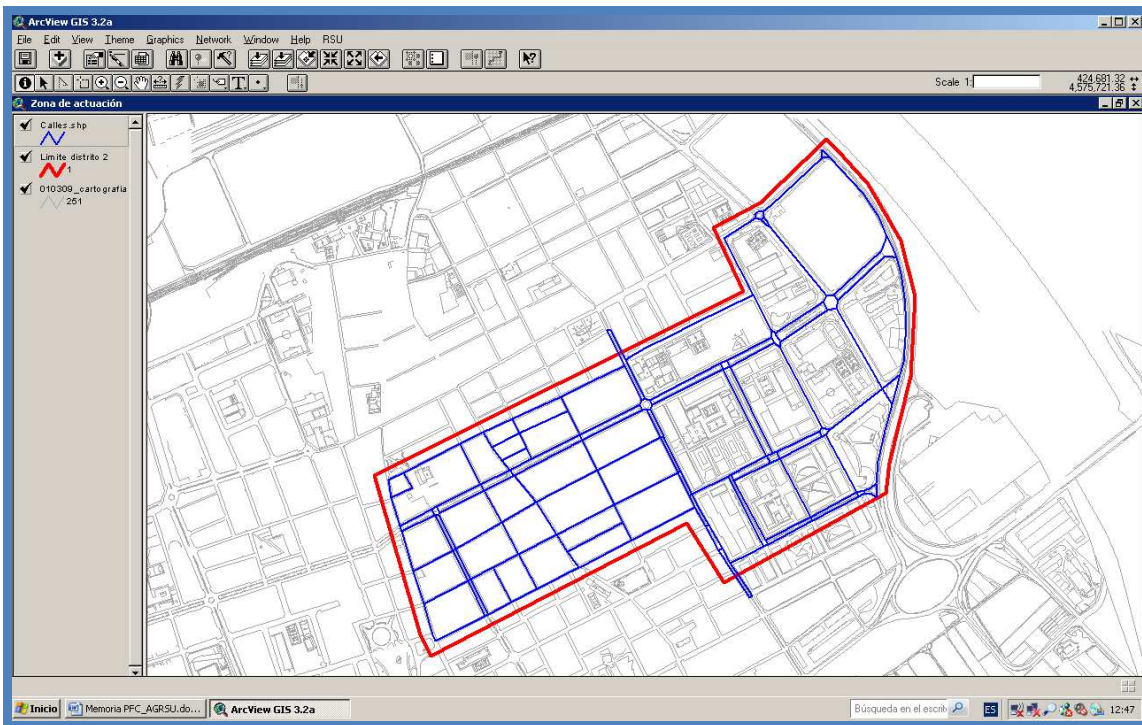


Figura 6: Red definitiva distrito 2

4.4.3.1. Edición de las Calles

El siguiente paso será la edición de las distintas calles. Con la edición se entiende aquel proceso por el cual se introduce el sentido y el nombre de cada calle. Para añadir el nombre se ha utilizado la página web del ayuntamiento del Prat, ya que dispone de un buen callejero. El sentido del tráfico dependerá de cómo se haya dibujado originalmente la polilínea. Entonces, previamente a la edición, se ejecutará el script **View.BuscoOrigen**, con el fin de averiguar en qué sentido fueron dibujadas las calles.

El script se aplicará sobre el tema que contenga la red de calles. Deberá ser el único activo y, evidentemente, no estar en estado de edición. El resultado será un nuevo tema llamado **Origen D2.shp**. El nuevo tema será añadido a la misma vista en la que se representan las calles del sector. Este tema tiene un carácter puntual, y representa los puntos que están en el 10% de cada polilínea, es decir, bastante cerca del origen. De este modo el origen de cada polilínea, y por lo tanto, el sentido en el que fue dibujado se conocerá al aplicar este submenú de RED.

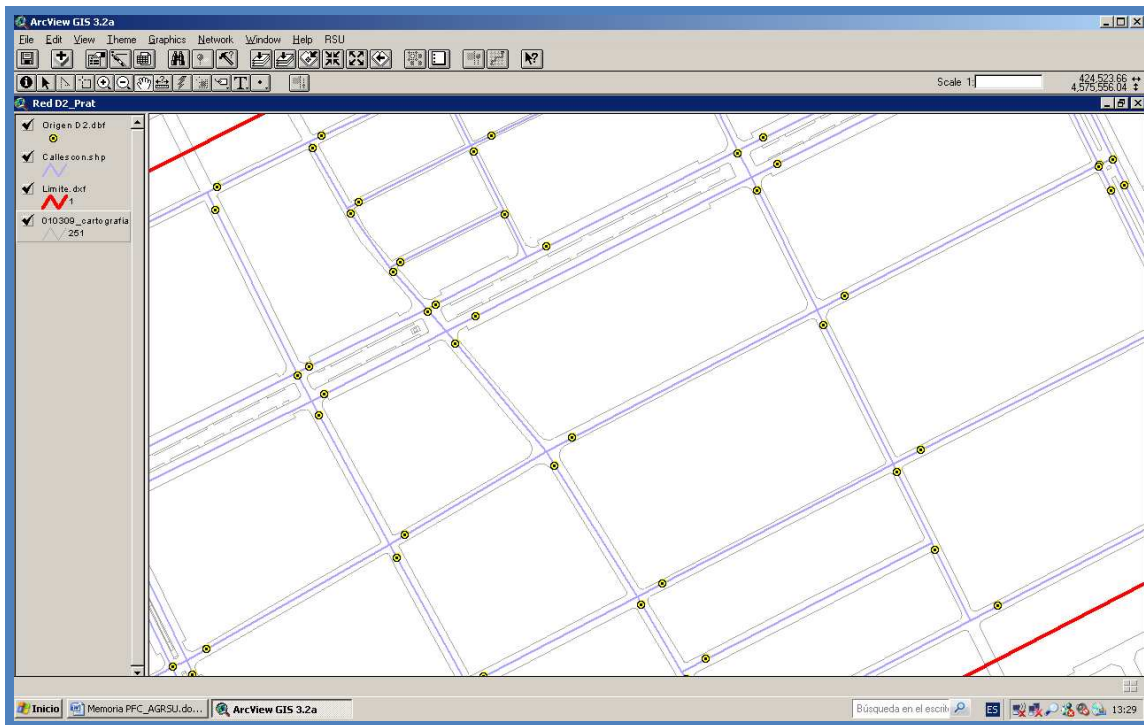


Figura 7: Resultado de la aplicación View.BuscoOrigen.

A continuación, se va a proceder a la edición de las calles. En este paso se realizará mediante la ejecución del script **View.EditarCalles**. Este programa selecciona cada calle (cada segmento de calle entre dos cruces, cada registro de la tabla que representa la red), realiza un zoom sobre la calle con el fin que se pueda visualizarla claramente y, mediante una ventana de dialogo, pide que se introduzca el nombre y el sentido de la calle. En el campo del nombre (SREETNAME) se deberá introducir el nombre (máximo 20 caracteres) de ese trozo de calle y en el campo del sentido (ONEWAY) se introduce el sentido, mediante una de las siguientes claves:

- FT: Estas dos letras indican que el sentido (de tráfico) de la calle coincide con el sentido en el que fueron dibujadas las calles.
- TF: Con esto se quiere significar que el sentido (de tráfico) de la calle es el contrario en el que fueron dibujadas las calles.
- DUDA: Con la palabra “DUDA” se indica cualquier caso en el que no se llegue a visualizar la calle correctamente, no se conozca el sentido de la calle cualquier otra

causa que impida rellenar con seguridad los dos campos solicitados. Normalmente, representa a las polilíneas repetidas que no han sido depuradas anteriormente.

- **BORRAR:** Al introducir este valor, se obliga al programa a borrar todas aquellas líneas que tengan este valor.
- **C. PEQUEÑA:** Se introduce automáticamente en el caso que la calle tenga una longitud menor que 3 metros. De este modo, se editará un número menor de calles facilitando su trabajo.
- **BI o cualquier otro valor:** Con estos valores indicamos que la calle tiene doble sentido (de tráfico).
- **PEATONAL:** Se introducirá este valor en el caso que la calle sea peatonal y, en principio, no puedan circular los coches. En la mayoría de los cascos viejos de las ciudades, las calles están ya peatonales. Sin embargo, los camiones de servicios municipales (recogida de basuras, limpieza de viales, etc) están obligados a circular por ellas.
- **N:** Representa las calles cortadas al tráfico por obras o por cualquier otra causa.

Antes de continuar, recordar que en los casos que el valor introducido sea diferente a FT, TF, BI o N (aquellos valores reconocidos por la extensión Network Analyst del ArcView), es decir las palabras “DUDA”, “C. PEQUEÑA”, y “PEATONAL”, el ArcView tomará la calle con dos sentidos, y sin nombre (excepto en el caso de “PEATONAL” que lo conservará). A la hora de ejecutar la extensión Network Analyst del ArcView, éste resolverá el problema teniendo en cuenta únicamente los sentidos con FT, TF, BI (o cualquier otros caracteres) o N en el campo ONEWAY. Si la extensión de cálculo se encuentra con cualquier otro valor, lo tomará con dos sentidos.

La ejecución del script **no se puede interrumpir bajo ningún concepto**, y no se puede, por lo tanto, recabar más información a mitad. Los “errores de edición” pueden ser de muy diversos

tipos: calles con nombre y/o sentidos desconocidos, errores en el dibujo de las calles, introducir un dato erróneo, aparición de demasiadas “DUDA” en una calle de la red, etc.

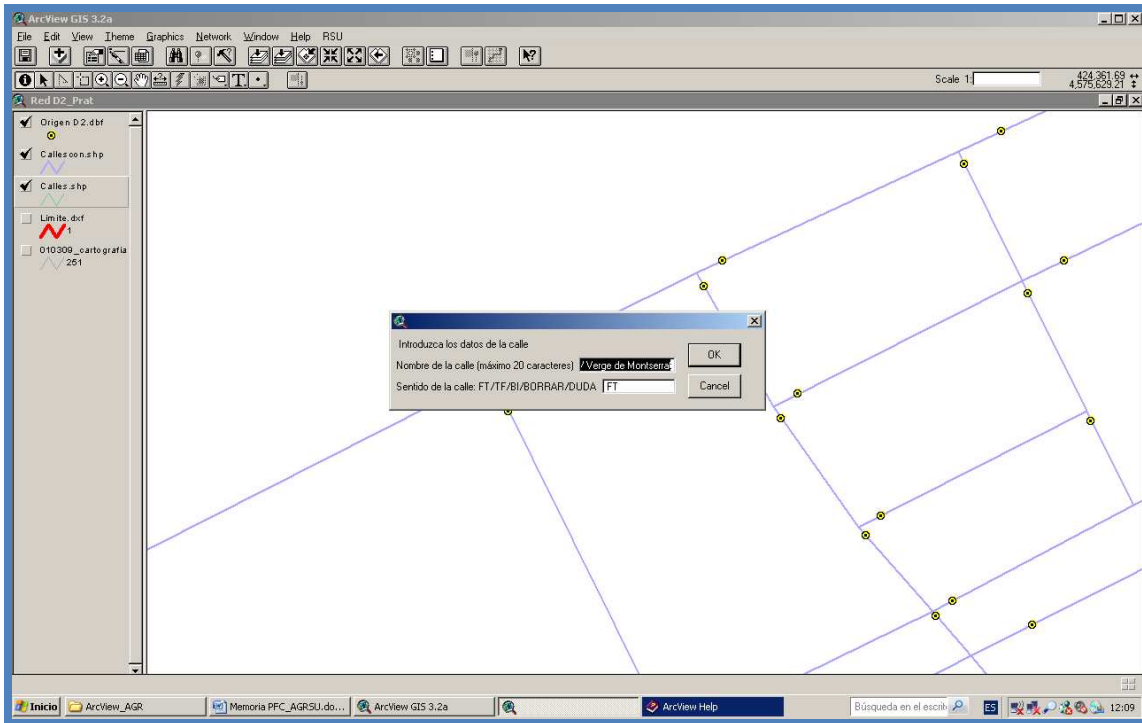


Figura 8: Pantalla de Edición de calles

Finalmente, se prueban varias rutas al azar, sobre los ficheros que representen la Red de Trabajo, para verificar su correcta edición y conectividad. Estas pruebas también se realizan, sobre todo, en puntos singulares como plazas, avenidas principales, etc.

Se debe tener mucho cuidado a la hora de dar sentidos en las rotondas, porque éstas están compuestas por muchas polilíneas que deben estar conectadas con las calles que les dan entradas y salidas. Si no somos rigurosos nos encontraremos, cuando calculemos las rutas óptimas, rutas ilógicas porque alguna de las líneas que forman la rotonda no tenga el sentido correcto. Esto provocará que el Network Analyst nos de un mensaje de error “not reached” que significará la imposibilidad de realizar la ruta más adecuada.

También se incorpora el script [View.EditarUnaCalle](#), para la edición de calles de una por una. Cada vez que se ejecute, editará una sola calle, aquella que esté previamente seleccionada, ya aparecerá la ventana de diálogo que pide los datos, de forma similar a la anterior herramienta.

De este modo se llega a los dos temas principales que representarán a la Red de Trabajo.

Descripción de los ficheros de la Red			
Tema	Enlace	Base de datos	Descripción
CALLESCON.SHP	CALLESCON.SHX	CALLESCON.DBF	Red de Trabajo incluyendo los campos de ONEWAY (sentido) y STREETNAME (nombre)
CALLESSIN.SHP	CALLESSIN.SHX	CALLESSIN.DBF	Red de Trabajo incluyendo únicamente el campo STREETNAME (nombre)

Tabla 6: Ficheros de la red definitiva

Esta diferencia se debe a que, en las primeras etapas del proceso, no se analizan los sentidos de circulación. Entonces, por motivos de seguridad se ha creado un segundo tema que sólo se utilizará al final.

Por último mediante el script [View.GenerarMapaSentidos](#) se pretende obtener un mapa, o un *layout*, en el que se indiquen los sentidos de circulación de cada una de las calles. De este modo, se podrá corregir posibles errores en la edición de calles.

El programa creará un tema con un único campo que indique el ángulo con el que se deberá representar la flecha de sentido. Con este ángulo, se tendrá que editar la leyenda del tema, y elegir la opción *Advanced*. Dentro de esta opción, se indicará como campo de rotación, el nuevo campo creado durante la ejecución de este programa. Además, se deberá cambiar el símbolo del tema que representa los sentidos por una de las flechas que dispone el escritorio del ArcView.

El primer paso del script es la creación del tema que deberá guardar las flechas de sentido, así como del campo que guardará los valores de la rotación de cada una de las flechas ("Ángulo").

En un siguiente paso, el script rastrea todas las polilíneas de la Red de Trabajo (representadas en el tema Callescon.shp), y para cada una de ellas sitúa un punto en la zona

central de aquellas polilíneas que tienen una longitud mayor de tres metros. Este criterio se ha utilizado con el único fin de no emborronar un dibujo lleno de flechas. De todas estas polilíneas, sólo se colocarán flechas en las calles con sentido único de circulación, es decir, las calles que tengan el valor de FT o TF en el campo ONEWAY (ver descripción del script View.EditarCalles).

En definitiva, calculando el ángulo de cada polilínea, y dependiendo del sentido de circulación de esta (FT o TF), se recalcula el valor de este ángulo. Este valor se le asocia a los puntos centrales de cada una de las polilíneas.

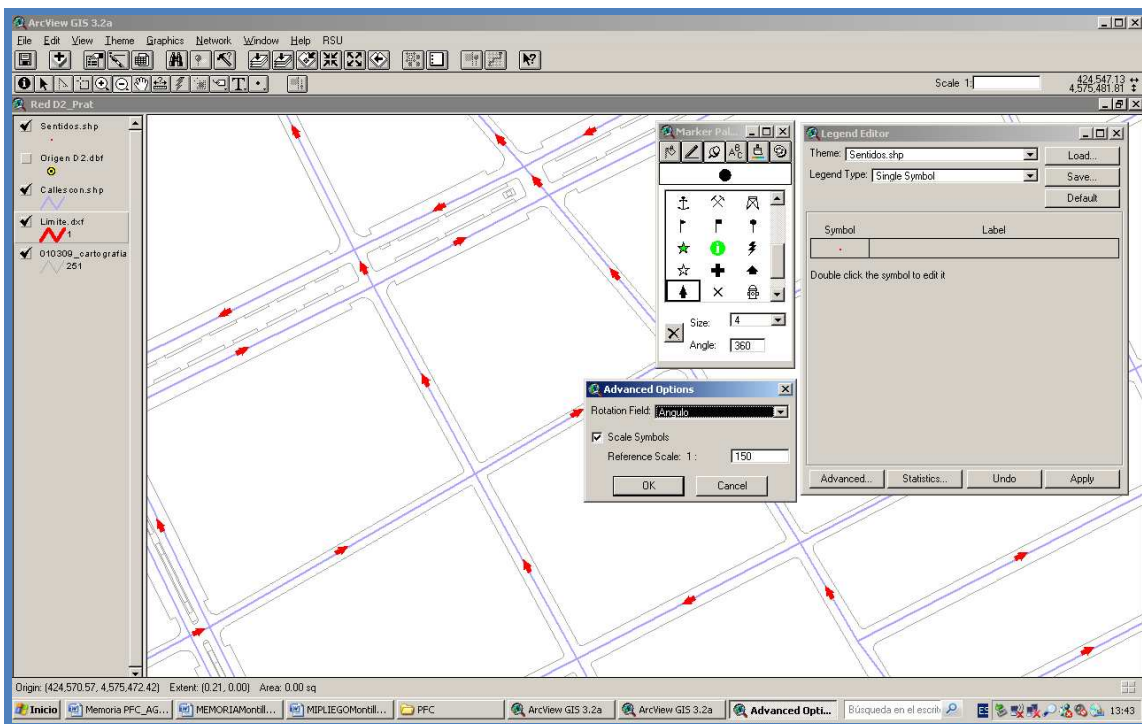


Figura 9: Mapa de sentidos definitivo

4.5. ANÁLISIS GEOGRÁFICO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS.

En este apartado se van a determinar las relaciones entre cada calle y las diferentes variables que concurren en la generación de residuos sólidos urbanos (RSU). A continuación, se van a analizar todas las variables que influyen en la generación de residuos desde el punto de vista geográfico. Para ello, en un primer lugar, se zonifica la

ciudad, para cada factor, en función de sus valores. En segundo lugar, asignaremos a cada calle un valor de generación en kg de residuos por metro de calle.

4.5.1. Zonificación de la ciudad

En el plano de la zona de Trabajo habrá que situar los puntos de toma y número de contenedores en cada uno (todo esto se verá en los próximos apartados).

En un primer lugar, se deberá situar el municipio de estudio dentro de una clasificación en función de la actividad económica de éste.

- Zonas Rurales: formadas por poblaciones eminentemente agrícolas.
- Zonas Residenciales: formadas principalmente por casas de segunda viviendas, sin sector servicios. Son zonas habitadas por gente que vive en la urbe por lo que sus hábitos de consumo no cambian.
- Zonas Semiurbanas: poblaciones entre 5000 y 20 habitantes en un sector servicios e industrial que empieza a ser importante.
- Zonas Urbanas. Estarán formadas por ciudades mayores de 20000 habitantes, cuyas actividades principales son los servicios y la industria. Se podría hacer una distinción entre el grado de industrialización, pero esto vendrá definido posteriormente por la sectorización de las áreas urbana e industrial.

Esta clasificación se hace con la finalidad de asignar a la zona de estudio una **TGArsu (Tasa de Generación Anual de RSU)** y una composición. En poblaciones grandes pueden existir notables variaciones de unas zonas a otras de la población, debido al diferente tipo de edificación, nivel de vida, densidad, etc. Por tanto, para diseñar una recogida eficaz será conveniente sectorizar el área de trabajo en zonas homogéneas. Los núcleos urbanos con una población menores de 20.000 habitantes presentarán un comportamiento homogéneo, por lo que la sectorización no es importante, sin embargo en poblaciones mayores pueden existir grandes diferencias entre unas zonas y otras (casco antiguo,

barrios residenciales, zonas de edificaciones altas, zonas de oficinas, etc.). El distrito 2 adquiere un comportamiento homogéneo, por lo que no es necesario sectorizar.

Los factores que determinarán el número de sectores son los siguientes:

- Distribución territorial: Existencia de barrios alejados de la ciudad, zonas residenciales, o polígonos industriales que por sus características pueden gestionarse por separado.
- Actividades sectoriales: dentro de un mismo núcleo urbano pueden existir zonas localizadas de comercios, pequeñas industrias, etc., que afectará sobre todo al diseño de los itinerarios. Se ha considerado que se pueden diferenciar cuatro grandes zonas:
 1. Zona de viviendas, solo existen viviendas y una cantidad muy pequeña de comercios.
 2. Zona viviendas-comerciales, se concentra la mayor densidad de comercios, restaurantes y otros servicios ocupando los bajos de las viviendas.
 3. Zona industrial, como los polígonos industriales, en donde se generan grandes cantidades de residuos asimilables a urbanos debido a las propias industrias y a los bares y restaurantes que allí están instalados.
 4. Zonas comerciales, donde no existen viviendas sólo comercios y otros servicios.
- Características socio-económicas: Afectan a la generación y composición de los residuos. Cuando el nivel de vida se hace más bajo, la cantidad de MO va aumentando. En este caso, para localizar dichas zonas será necesario tener en cuenta las rentas familiares y la situación laboral. En los censos de los Ayuntamientos es fácil encontrar estos datos.
- Tipo de edificación: El tipo de vivienda afectará a la densidad de generación de RSU, es decir a la cantidad de residuos generados por kilómetro de calle. Con una base de datos más completa, se puede disponer de una descripción de las viviendas de cada

calle y de sus inquilinos, de la que se puede obtener directamente los kilogramos de residuos generados por metro de calle, de esta forma no haría falta esta sectorización. A efectos de la sectorización, se pueden distinguir tres tipos diferentes de viviendas:

1. Vivienda unifamiliar: Formada por la vivienda y una parcela de terreno en el que puede haber jardín, piscina, etc.
 2. Viviendas unifamiliares adosadas: Son viviendas donde vive una única familia y separadas mediante medianeras con otras viviendas.
 3. Bloques de viviendas hasta 6 alturas, en este caso en una misma parcela se apilan viviendas en varias alturas y por último bloques elevados de viviendas (más de 6 alturas). Para localizar estas zonas será necesario conocer visualmente toda la población.
- Características de las calles: Aquí se está considerando como puede afectar la anchura de la calle y su pendiente en la circulación de camiones de recogida. Esto es útil en la elección del tipo de camión de recogida.
 - Tipos de comercio: En el caso de que se haga una recogida por separado de los residuos comerciales es interesante hacer distinción, en función del tipo de residuos que se genera, entre zonas de restaurantes, zonas de tiendas de prendas de vestir, mercados de abasto, etc.
 - Influencia del turismo: en zonas turísticas, se puede incrementar la población de forma desproporcionada (caso de pueblos del Levante) teniéndose que incrementar y reorganizar la recogida.

CUADRO RESUMEN

FACTORES	TIPOS	VARIABLES AFECTADAS
<ul style="list-style-type: none"> • Actividad económica 	<ul style="list-style-type: none"> • Rural 	<ul style="list-style-type: none"> • TGArsu, Composición

	<ul style="list-style-type: none"> Semiurbana Urbana 	
<ul style="list-style-type: none"> Distribución Territorial 	<ul style="list-style-type: none"> Número de núcleos urbanos 	<ul style="list-style-type: none"> Distancia entre núcleos
<ul style="list-style-type: none"> Actividades Sectoriales 	<ul style="list-style-type: none"> Vivienda Vivienda comercial Industria comercio 	<ul style="list-style-type: none"> TGArsu, Composición
<ul style="list-style-type: none"> Características socio-económicas 	<ul style="list-style-type: none"> Renta baja Renta media Renta alta 	<ul style="list-style-type: none"> TGArs u, Composición
<ul style="list-style-type: none"> Tipo edificación 	<ul style="list-style-type: none"> Viv. Unifam. Aisladas Viv. Unifam. Adosadas Bloques elevados 	<ul style="list-style-type: none"> TGArsu/metro calle, hab/vivienda
<ul style="list-style-type: none"> Tipo edificación 	<ul style="list-style-type: none"> Accesible No accesible 	<ul style="list-style-type: none"> Longitud calle, anchura,
<ul style="list-style-type: none"> Tipo comercio 	<ul style="list-style-type: none"> Producción MO Producción Envases, embalajes Producción peligrosos 	<ul style="list-style-type: none"> TGArsu, Composición
<ul style="list-style-type: none"> Turismo 	<ul style="list-style-type: none"> Turística No turística 	

Tabla 7: Cuadro resumen de factores, tipos y variables afectadas por la sectorización

4.5.2. Asignación de valores

En esta etapa se procede a la asignación de la tasa de generación, en **kg. Producidos por cada metro de calle y día**, a cada una de las calles de la zona de trabajo. Para ello, se ejecuta el script **View.AsignarValores** que es el encargado de esta tarea.

Este programa asignará a cada calle una tasa de generación diaria (TGD) de residuos, que se calcula comprobando a qué polígono, de cada tema, pertenece la calle. Este cálculo se basará principalmente en la tasa estándar de generación de residuos introducida al ejecutar el script, corregida por unos coeficientes que vienen a sustituir todas las variables descritas en el apartado anterior como, por ejemplo, el nivel de renta.

Por ejemplo, el tema que representa el nivel de renta de la ciudad tendría un campo denominado “de variación de renta” que tendría los siguientes valores: 0.76 (renta baja), 0.88 (renta media) y 1.08 (renta media-alta). Cada calle tendría un coeficiente distinto dependiendo a que polígono perteneciera.

Con el fin de facilitar la programación interna, se ha pensado en la introducción de los coeficientes y parámetros de cálculo. Más explícitamente este proceso de cálculo se ve reflejado en la siguiente tabla:

ASIGNACIÓN DE VALORES	
TEMAS DE ENTRADA	TEMAS DE SALIDA
<ul style="list-style-type: none"> • Callessin.shp (representa la red de CS) • Poblacion.shp (representa la población) 	<ul style="list-style-type: none"> • Callessin.shp

ASIGNACIÓN DE VALORES	
ENTRADA	SALIDA
<p>COEFICIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coeficiente de variación mensual (Cvm) • Coeficiente de variación diaria (Cvd) • Coeficiente de variación de renta (Cvr) • Coeficiente de seguridad (Cseg) <p>PARAMETROS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Frecuencia de recogida (días/semana) • Tasa de Generación (kg/hab.día) • Porcentaje de Materia Orgánica • Porcentaje de Resto • Densidad de Materia Orgánica (kg/m³) • Densidad de Resto (kg/m³) 	<ul style="list-style-type: none"> • Relación cantidad RSU/metro de calle • Relación cantidad MO/metro de calle • Relación cantidad Resto/metro de calle • Cantidad RSU por cada calle • Cantidad MO por cada calle • Cantidad Resto por cada calle • Relación volumen RSU/metro de calle • Relación volumen MO/metro de calle • Relación volumen Resto/metro de calle • Volumen RSU por cada calle • Volumen MO por cada calle • Volumen Resto por cada calle • Población equivalente por cada calle

Tabla 8: Asignación de Valores

Evidentemente, el programa permite cambiar los valores por defecto, por lo que posteriormente, se podrán realizar todo tipo de simulaciones para ensayar diferentes escenarios: aumento de población, variaciones estacionales/diarias, etc. Con estos ensayos se prueban como los sistemas de recogida, diseñados para unas situaciones muy concreta, funcionan cuando estas situaciones cambian.

VALORES POR DEFECTO	
Coeficientes	
Coef. Variación diaria	1,00
Coef. Variación mensual	1,00
Coef. Nivel de renta	1,00
Coef. seguridad	1,10
Parámetros	
Frecuencia de recogida (días a la semana)	7
Tasa de Generación (Kg/Hab/día)	1,16
Fracción Materia Orgánica	11%
Fracción Resto	77%
Densidad Materia Orgánica (Kg/m ³)	360
Densidad Resto (Kg/m ³)	100

Tabla 9: Valores por defecto en el script View.AsignarValores

Todas las salidas del programa se almacenan en la base de datos correspondiente al tema de salida. El algoritmo de cálculo que realiza es sencillo. Consiste en calcular la relación entre los habitantes de una determinada zona (los polígonos del tema de población) y los metros de calle de la zona. De esta forma estimamos la cantidad de residuos generados por cada calle. Al final de la ejecución, se puede ver, a modo orientativo, la

población equivalente de cada calle, que es el valor que más exactamente resolvería el problema planteado aquí.

Con estos valores, y al ejecutar el script, se comprueba la exactitud de la herramienta. En la tabla de atributos del tema resultante (Callessin.shp) se han sumado todas las cantidades de residuos sólidos generados en la zona de trabajo y han dado 16.242,05 kg/día.

Con el fin de comprobar la exactitud de los resultados se ha calculado la generación total teórica, que se obtiene de aplicar a la población total de la Zona de Trabajo todos los coeficientes y parámetros expuestos anteriormente, que tiene el valor de 16.041,87 kg/día.

Los valores iniciales de los datos demográficos provienen del censo municipal y su representación se puede ver en la Figura siguiente:

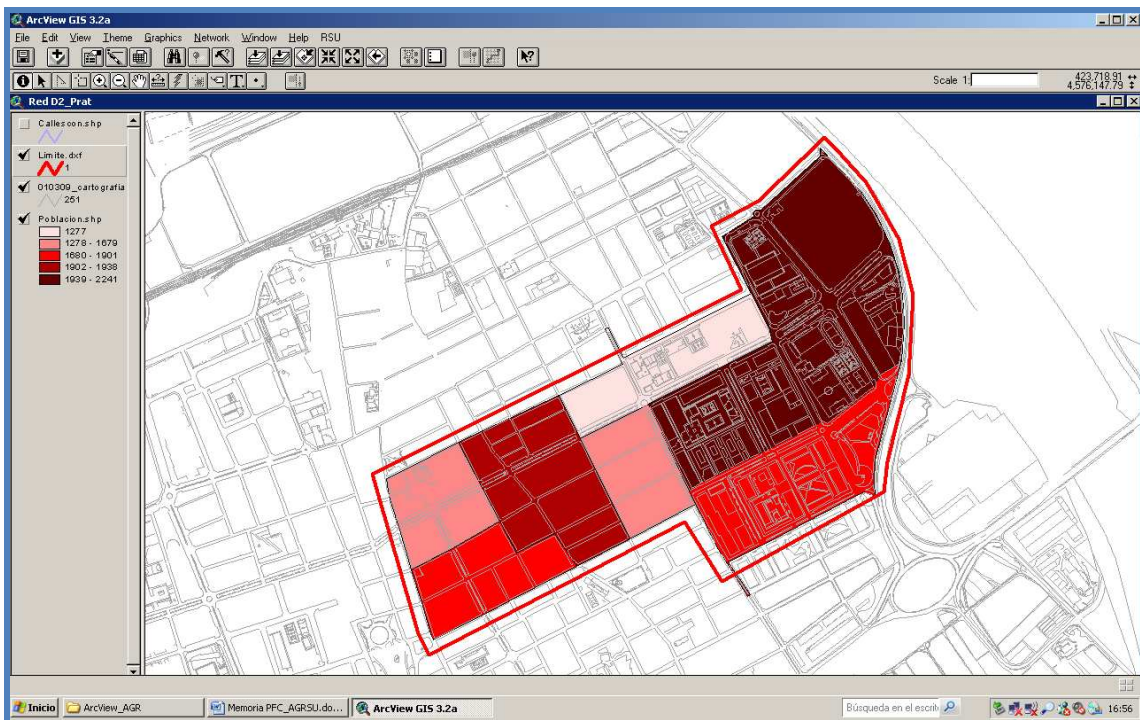


Figura 10: Sección Censal (Densidad de población)

Con todos estos resultado se abarcará el resto del proceso: la localización y cubicación de los contenedores, ya que se tienen los datos necesarios (la cantidad de basura, y su volumen, generada diariamente en cada calle).

4.6. LOCALIZACIÓN Y CUBICACIÓN DE CONTENEDORES

Esta etapa se compone de dos apartados bien diferenciados:

El primero de ellos consiste en la localización de los puntos de toma, y el segundo en la cubicación, es decir, hallar la capacidad y el número de contenedores que se han de disponer en cada punto de toma.

4.6.1. Localización de los puntos de toma

Para determinar los puntos de toma, o de recogida, se deben tener en cuenta los siguientes criterios generales:

- Instalar los puntos de recogida de forma que un individuo camine, como máximo, 90 metros en llegar al contenedor. Esto quiere decir que las distancias, entre contenedores, serán iguales o menores a 60-65 metros.
- No instalar contenedores intermedios en calles menores o iguales a 50 metros. Se instalarán en las esquinas, de forma que se puedan recoger por las calles adyacentes. Por otro lado, no es conveniente poner muchos puntos de recogida, ya que al aumentar el número de paradas, el tiempo de recogida también aumentaría.
- Siempre que se pueda, colocar los contenedores en las esquinas aprovechando los 5 metros en los que no se pueden aparcar vehículos. Sólo se colocarán contenedores en puntos intermedios de la calles cuando la calle sea demasiado larga, y los ciudadanos se vieran obligados a andar demasiado hasta llegar al contenedor. Sin embargo, algunas localizaciones concretas no tienen razón de ser, al encontrarse bordeando parques u otros edificios singulares que generan una cantidad de residuos sólidos insignificantes o de un tipo especial que tienen una recogida específica.

A la hora de aplicar algunos de estos criterios generales, se ha programado una rutina con el nombre **View.LocalizarContenedores**. El resto de los criterios se adecuarán en un siguiente paso. Este script tiene como misión fundamental localizar los puntos de toma en la Red de Trabajo cumpliendo unos determinados criterios. Antes de seguir, cabe constatar que el objetivo primordial de este script es la localización del mayor número de puntos de toma, pero no de todos. Básicamente, se intenta disminuir considerablemente la parte de trabajo de introducción manual. Una vez ejecutado este programa, se deberá comprobar la accesibilidad a los contenedores y situar los contenedores que falten.

Para realizar una primera aproximación de los puntos de recogida se han situado en las esquinas de las calles, con el fin de aumentar la accesibilidad, tanto de la población como de los camiones de recogida. En definitiva:

- Para todas las calles de más de 10 metros, la gran mayoría, se colocarán puntos de toma en los dos extremos de la polilínea que representa la calle (es decir, en las esquinas).
- Para cada una de las calles menores de 60 metros, no se localizará ningún punto de toma en el interior de la calle.
- Para calles con una longitud entre 60 y 100 metros, se colocará un punto de recogida en la mitad de la polilínea, es decir, sólo en la zona central de la calle.
- A partir de 100 metros, se colocará un punto a un tercio de la longitud, y otro a dos tercios.

Es imprescindible recordar que el script recorrerá todas las polilíneas, registros de la tabla, que representan la red. Algunas de estas polilíneas no coinciden con los tramos reales de calle, sino que sucede que un mismo tramo de calle está formado por varias polilíneas, algunas, incluso, de longitud muy reducida. Esto provoca que el programa sitúe muchos puntos de toma en zonas intermedias de calles pequeñas, aumentando el número de contenedores de forma considerable. También aparecerá un gran número de contenedores en las rotondas, formadas a veces por 8 polilíneas.

El número total de puntos de toma situados en la red de trabajo, al ejecutar el script, es de **226**. Aunque es necesaria una depuración de los mismos, era necesaria la aplicación de este script porque posee una ventaja apreciable respecto a la colocación, uno por uno, de los distintos puntos de toma.

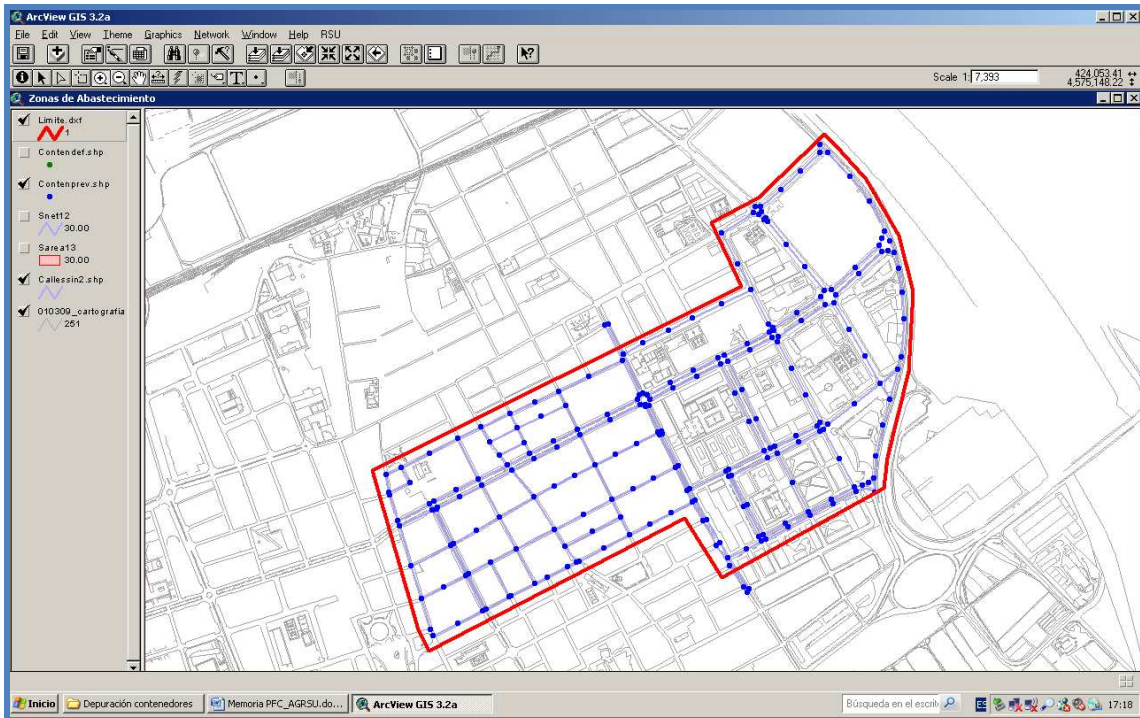


Figura 11: Situación previa de contenedores

Esta ventaja consiste principalmente en que se asegura la colocación de los puntos de toma en las esquinas. Si se colocasen los contenedores de forma individual, al intentar definir su situación en una esquina, se necesitaría la realización de varios zooms consecutivos para tener la certeza que están colocados exactamente en las esquinas; evidentemente, este proceso es lento y laborioso.

4.6.2. Depuración de los puntos de toma

Tal como se ha visto en el punto anterior, la rutina **View.LocalizarContenedores** coloca muchos más puntos de toma de los necesarios. Entonces, el siguiente paso será la obtención de los puntos de toma definitivos, que se conseguirá depurando, en primer lugar, la distribución anterior de contenedores, y en segundo lugar, la colocación de los puntos de toma que falten para abastecer a toda la población.

En primer lugar, se eliminan los puntos de toma que están demasiado cerca unos de otros, los que están en los extremos de las calles exteriores a la zona de trabajo, los puntos de toma que están en zonas intermedias de calles pequeñas, los que están gravemente desplazados hacia una de las esquinas, en rotondas, etc. En definitiva, sólo quedarán aquellos puntos de toma que estén en las esquinas, y en las zonas intermedias de calles de longitud media-larga. Todo este primer paso de la depuración ha sido realizado a *grosso modo*, es decir, sin tener en cuenta ni las longitudes exactas de las calles ni las “zonas de acción”⁴ de cada punto de toma.

El siguiente paso consistirá en el trazado de la “zona de acción” de cada punto de toma. Se define la “zona de acción” de cada punto de toma a aquellos tramos de calle que están a menos de una distancia predeterminada de cada punto de toma; evidentemente, esta distancia será de 30 metros tal como se ha explicado anteriormente. Esta “zona de acción” se obtiene mediante la extensión de cálculo de redes del ArcView (**Network Analyst**). Gracias a la herramienta “**Find Service Area**” de ésta extensión, el SIG permite obtener estas zonas de acción en forma de dos nuevos temas que aparecen en la vista: un tema poligonal (llamado Sarea1) que representa en forma de superficie esta “zona de acción”, y un tema lineal (llamado Snet1) que representa los trozos de la red de trabajo que están en el interior de esta “zona de acción”. Antes de aplicar este comando al tema que representa los puntos de toma, será necesaria la introducción del un campo en la tabla asociada con el fin de facilitar la labor de introducción del parámetro. Este campo es:

⁴ Zona de Acción: Corresponde a la zona generada a partir de trazar una circunferencia de radio 30 m y tomando como centro cada punto de recogida.

- **REPORTCOST:** Aquí se indicarán la distancia de cálculo del comando **“Find Service Area”**. Con la herramienta **“Calculate”** se introduce **30.00** para todas los puntos en un sencillo cuadro de dialogo.

Se pone de nuevo en edición el tema que guarda los puntos de toma. Ayudándonos con la visualización de estas “zonas de acción” de los puntos de toma a la hora de borrar algunas situaciones redundantes. Por ejemplo, cuando dos puntos de toma están en el interior de una misma zona de acción, borraremos aquel que no esté en una esquina. De este modo, se pretende que las “zonas de acción” no se superpongan unas a otras, es decir, que un ciudadano sólo tenga un punto de toma en el que depositar sus residuos cada noche. Una vez se ha realizado este proceso de modo iterativo, se obtiene una serie de localizaciones de puntos de toma, en que sus “zonas de acción” no se superponen, y comprenden a la mayor parte de la población que vive en la zona de trabajo.

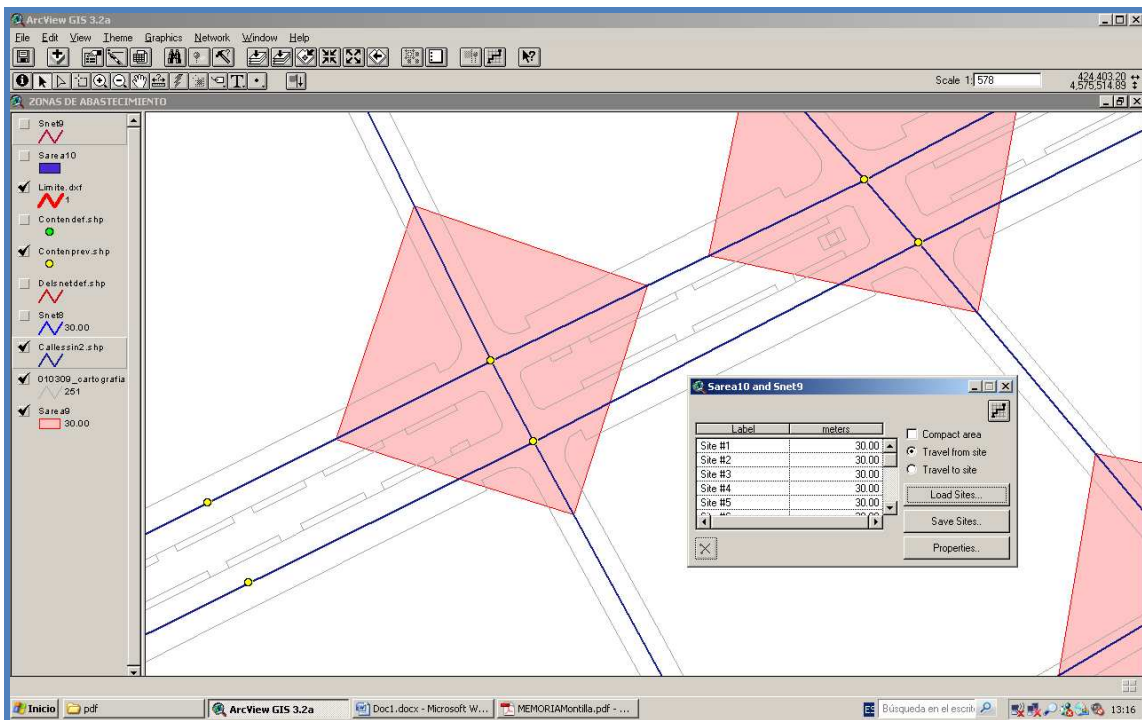


Figura 12: Zonas de acción de cada punto de recogida

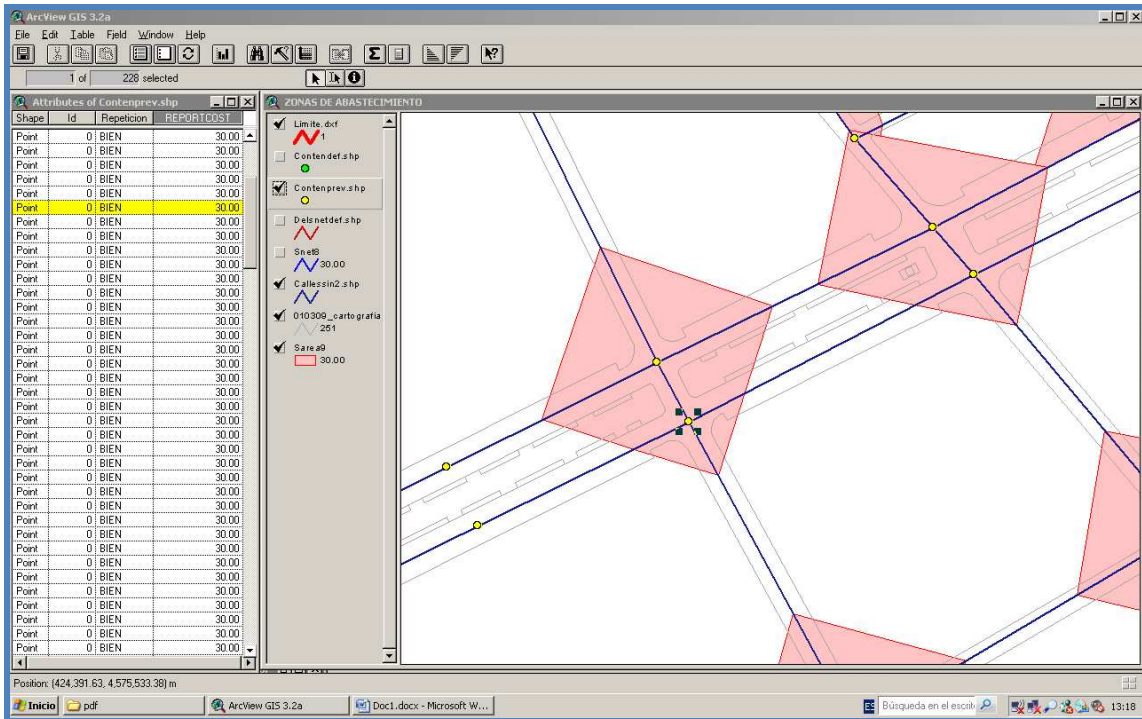


Figura 13: Eliminación manual de un punto de recogida

Sin embargo algunas zonas están desabastecidas por estos puntos de toma. Esto ocurre, por ejemplo, en calles largas, en las que no existen puntos de toma en zonas intermedias o en lugares que no están habitados pero en los cuales existen servicios como colegios. Esto se soluciona poniendo el tema de contenedores, de nuevo en edición, y añadir puntos de toma donde sean necesarios para conseguir abastecer a toda la población. Una vez se han añadido estos últimos contenedores se ejecutará de nuevo el comando **Find Service Area** de la extensión de cálculo de redes para obtener las definitivas “zonas de acción” de los puntos de toma. Al igual que se realizó anteriormente, este proceso se llevará a cabo de forma iterativa hasta conseguir que los puntos de toma abastezcan a toda la población.

Por último, se han de constatar dos consideraciones tremendamente importantes a la hora de dimensionar la red de contenedores:

- La primera de ellas es el conocimiento exhaustivo de la ciudad. Conocer la ciudad en muchos de sus aspectos es un factor vital para conseguir finalizar con éxito la

aplicación. Será importante conocer en qué lugares (esquinas o no) resulta imposible colocar contenedores, bien sea por la estrechez de las aceras o bien por cualquier otra causa. Este conocimiento también será importante en los casos en que se deba elegir entre dos localizaciones muy cercanas (p. ej. dos esquinas muy cercanas) al colocar un punto de toma. Del mismo modo, se deberá conocer en qué lugares de la ciudad se generan pocos residuos (o de un tipo especial) como son parques, iglesias, etc. ; ya que en estas zonas los puntos de toma estarán consecuentemente más espaciados.

- La segunda de las consideraciones es que las características urbanísticas de la ciudad imposibilitan una resolución perfecta del problema. Las diferentes cualidades urbanísticas de la zona de trabajo provocan que sea imposible conseguir que todas las zonas de acción ocupen toda la zona de trabajo y no se superpongan unas a otras. Es por esto que pequeños trozos de calle queden desabastecidos por los puntos de toma; el criterio que se ha seguido en toda la zona de trabajo es que un ciudadano camine como máximo 90 metros para depositar sus residuos en los contenedores. También ocurre, que en algunas zonas de la ciudad, un mismo edificio esté abastecido por dos puntos de toma, esto suele suceder en zonas con alta densidad (edificios altos, etc.). En conclusión, las diferentes características urbanísticas de la zona de trabajo obligan a tener flexibilidad a la hora de situar los puntos de toma.

Al aplicar la herramienta Localizar Contenedores, se creará un nuevo tema que representa estas localizaciones. Este tema se denominará **Contenprev.shp**, con lo que se indica también que es una primera aproximación de las localizaciones. El número total obtenido es de **226 ubicaciones**, como ya hemos comentado.

Teniendo en cuenta los criterios de depuración expuestos en la depuración, se cambia el nombre del tema a uno definitivo **Contendef.shp** por motivos de seguridad (para no perder las localizaciones anteriores). Finalmente, según el dimensionamiento facilitado por la actual empresa concesionaria, se obtienen **únicamente 117 ubicaciones**.

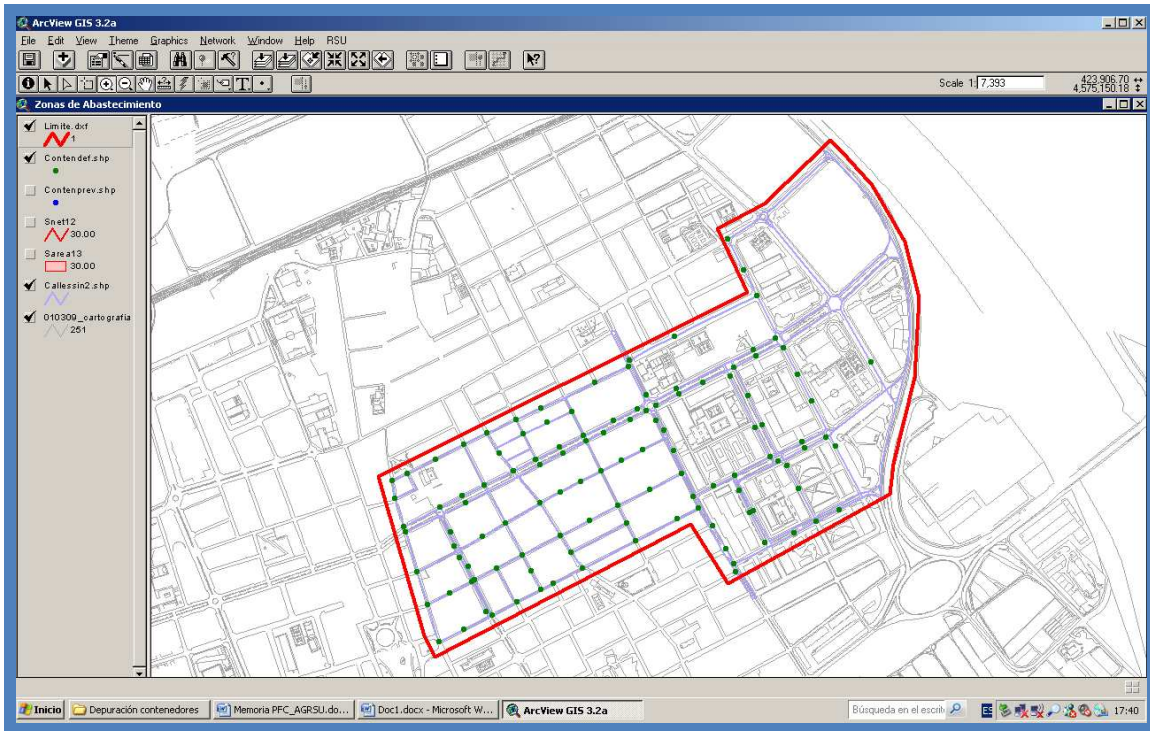


Figura 14: Distribución definitiva de contenedores

4.6.3. Cubicación de los contenedores

El siguiente paso consistirá en averiguar la cantidad de los residuos generados en cada uno de los puntos de toma, con el objetivo de calcular el número y la capacidad de los contenedores que se tendrán que disponer en los puntos de toma. También se pretenden obtener las cantidades de materia orgánica y de rechazo generadas.

Del mismo modo, también se podrán obtener como resultados los volúmenes de los residuos y de cada una de sus fracciones, así como cualquier otro parámetro. Todo esto se obtiene mediante la ejecución de un script denominado **View.CubicarContenedores**, que se pasa a detallar a continuación.

Se basa en la utilización del comando **Spatial Join** del ArcView. Este comando enlaza las bases de datos de dos temas siguiendo un criterio exclusivamente **geográfico**. En éste caso, servirá para enlazar la base de datos asociada al tema de la red, con todos sus atributos (cantidad de residuos, relación por metro de esta cantidad, etc), a la base de datos de los

segmentos de calle que pertenecen a la “zona de acción” de cada punto de toma. Al aplicar este comando, todos estos segmentos adquieren los parámetros guardados en los atributos de la base de datos de la red de trabajo, por el simple hecho de que los segmentos de la “zona de acción” están contenidos en los propios segmentos de la red de trabajo.

En un segundo paso, se sumarán todos los residuos producidos en cada una de las “zonas de acción” en una nueva tabla. Esta última se enlaza (Spatial Join) con el tema que representa los contenedores, de forma que en cada punto de toma se conozca la cantidad de residuos producidos. Después con los siguientes criterios de selección se eligen el número y capacidad de los contenedores que se deban colocar.

Por lo tanto, el siguiente paso consistirá en el dimensionado exacto de cada punto de toma. En este momento, para cada uno de los puntos de toma, se saben las cantidades de residuos totales que deben recoger, así como las cantidades de las fracciones de materia orgánica. Evidentemente, la ejecución del script da a conocer los datos de volúmenes generados de estos residuos. Conociendo estos últimos datos, y teniendo en cuenta la gama de contenedores existentes en el mercado, se ajustan estas cantidades a los valores nominales de las capacidades de los contenedores elegidos.

A la hora de asignar, el número y capacidad de contenedores se tendrán en cuenta los siguientes criterios especificados en el pliego técnico del Ayuntamiento del Prat de Llobregat:

- Los contenedores que deban recoger la materia orgánica deberán ser de 1800 litros, ya que es el de menor capacidad para el sistema de carga bilateral.
- Para los contenedores de rechazo se utilizaran contenedores de 3200 litros.

Entonces, la tabla de equivalencias será la siguiente:

EQUIVALENCIA DE CONTENEDORES DE MATERIA ORGANICA	
VOLUMEN (Litros)	Nº CONTENEDORES
0 - 800	1 de 1.800 l.
800 – 1.600	1 de 1.800 l.
1.600 – 3.200	2 de 1.800 l.

EQUIVALENCIA DE CONTENEDORES DE RECHAZO	
VOLUMEN (Litros)	Nº CONTENEDORES
0 – 1.600	1 de 3.200 l.
1.600 – 3.200	1 de 3.200 l.
3.200 – 6.400	2 de 3.200 l.
6.400 – 12.800	4 de 3.200 l.

Tabla 10 Equivalencia de contenedores en función de las capacidades

Es en este momento se pueden visualizar los contenedores de un modo mucho más fácil de entender. Por ejemplo, mediante círculos de radio creciente en función de las cantidades de residuos que deban recoger gracias a las múltiples capacidades de presentación del ArcView.

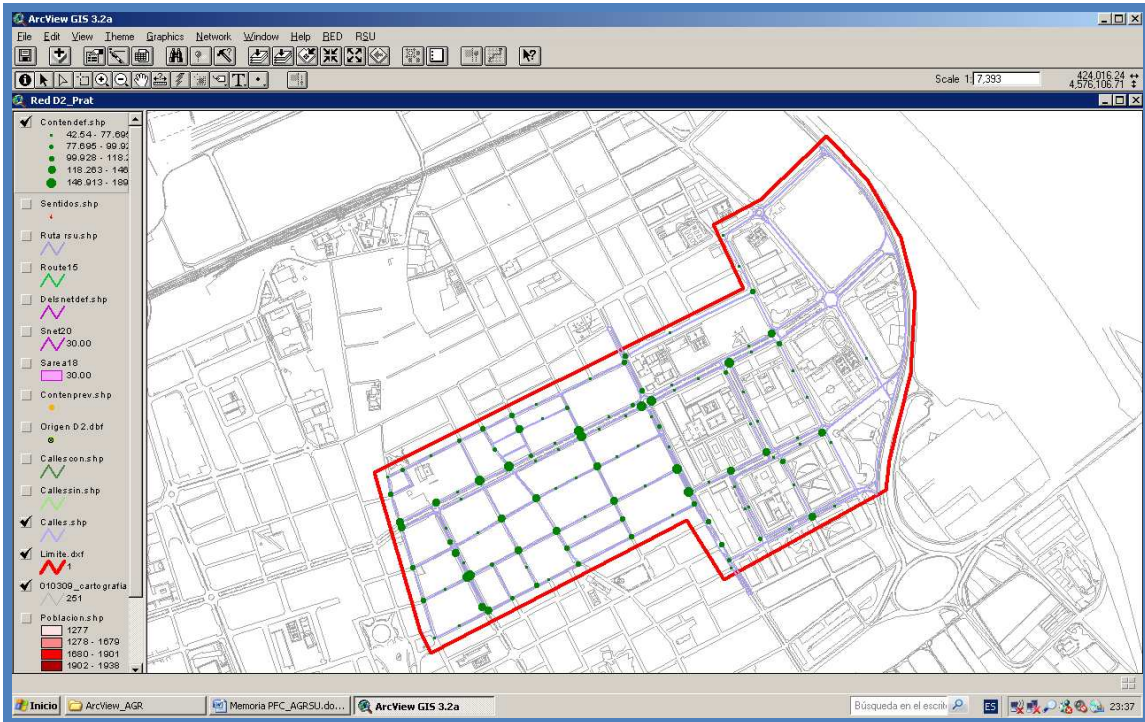


Figura 15: Representación de los contenedores de Rechazo en función de los Kg/día.

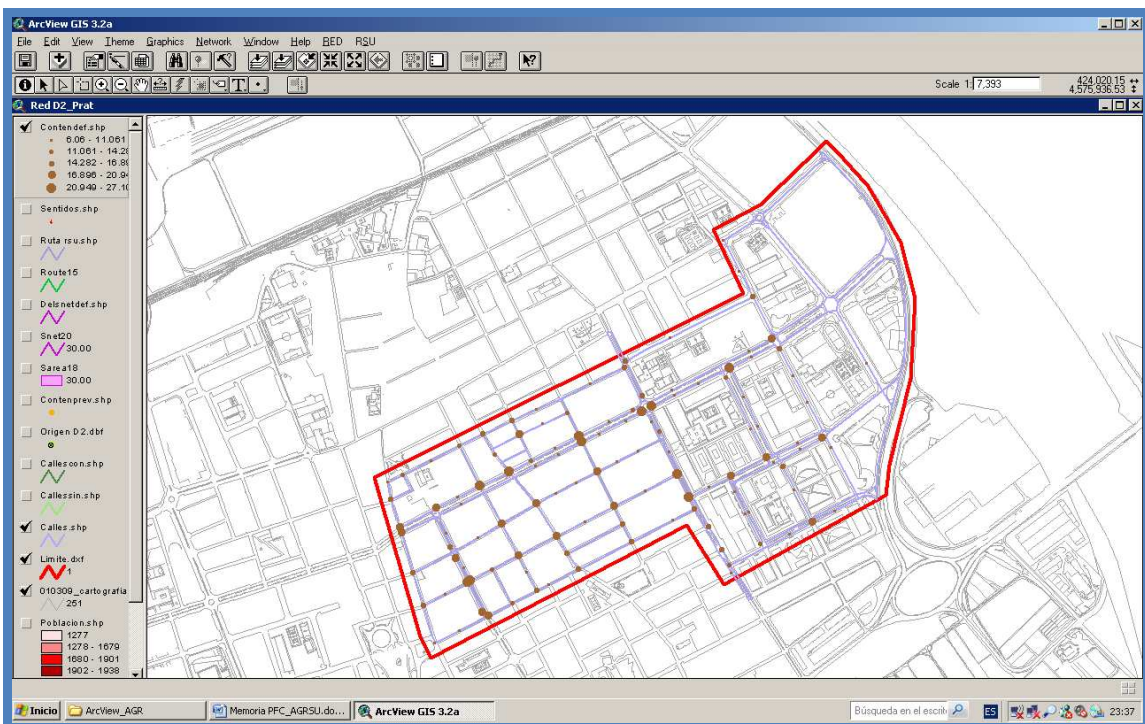


Figura 16 : Representación de los contenedores de M. Orgánica en función de los Kg/día.

4.7. OPTIMIZACIÓN DE RUTAS

Una vez se conocen la situación de los contenedores, y el volumen de residuos que se deberán recoger en cada uno de ellos, ya se puede realizar el diseño de los itinerarios que deberán seguir los camiones de recogida. Mediante el comando **“best route”** de **network analyst** y cargando los puntos de recogida el programa diseña una ruta óptima de recogida.

En esta fase final se deberían de calcular los itinerarios para la recogida de residuos de la fracción resto y de la materia orgánica de manera independiente, pero ya que el número de ubicaciones⁵ y frecuencia de recogida⁶ es la misma para la materia orgánica y el rechazo, la ruta equivalente será la mismas para la dos fracciones.

4.7.1. Cálculo de itinerarios

Mediante las herramientas de cálculo de redes (**Network Analyst**) del ArcView. Utilizando la opción **“Find Best Route”**, se podrá calcular la ruta óptima que pase por todos los puntos que se haya definido anteriormente.

Una vez aplicada la herramienta **“Find Best Route”** del **Network Analyst**, se obtienen las hojas de ruta que deberán seguir los diferentes grupos de operarios encargados de la recogida de las dos fracciones de residuos sólidos generados en la Zona de Trabajo.

Al elegir la opción **“Find Best Order”**, que obliga al programa a buscar el recorrido óptimo que pase por todos los puntos de toma, en muchos de las zonas no se pueden resolver satisfactoriamente. Esto se puede deber a diferentes causas: mala conectividad en algunas calles, puntos inalcanzables en el sector, algunos sentidos de tráfico mal introducidos, etc.

⁵ Según el capítulo 3.6. del pliego de condiciones técnicas del Ayuntamiento del Prat de Llobregat: La frecuencia de recogida de la materia orgánica y rechazo, será de 7 días por semana.

⁶ Según el capítulo 3.7. del pliego de condiciones técnicas del Ayuntamiento del Prat de Llobregat: Cada una de las islas ecológicas o agrupaciones de todos los contenedores incluirán 1 contenedor de orgánica y 1 o 2 contenedores de rechazo.

Si aparece el resultado a todo el sector se deberá comprobar la bonanza de éste. Si aparece el mensaje “**Not Reached**” en todas las paradas, significará que la extensión de cálculo no ha podido trazar un recorrido óptimo que pase por todos los puntos de toma.

El último paso que se deberá realizar para calcular las rutas de recogida será repasar todos los resultados junto con los encargados de llevarla a cabo. Con toda seguridad, será éste último quien determine los itinerarios definitivos de recogida.

Este repaso se realizará con las hojas de ruta obtenidas por el **Network Analyst** mediante la opción **Directions** (Ver anexo 3: Hoja de Ruta Óptima) que consiste en un listado de las direcciones que debe seguir el camión de recogida para pasar por todos los puntos en una menor longitud.

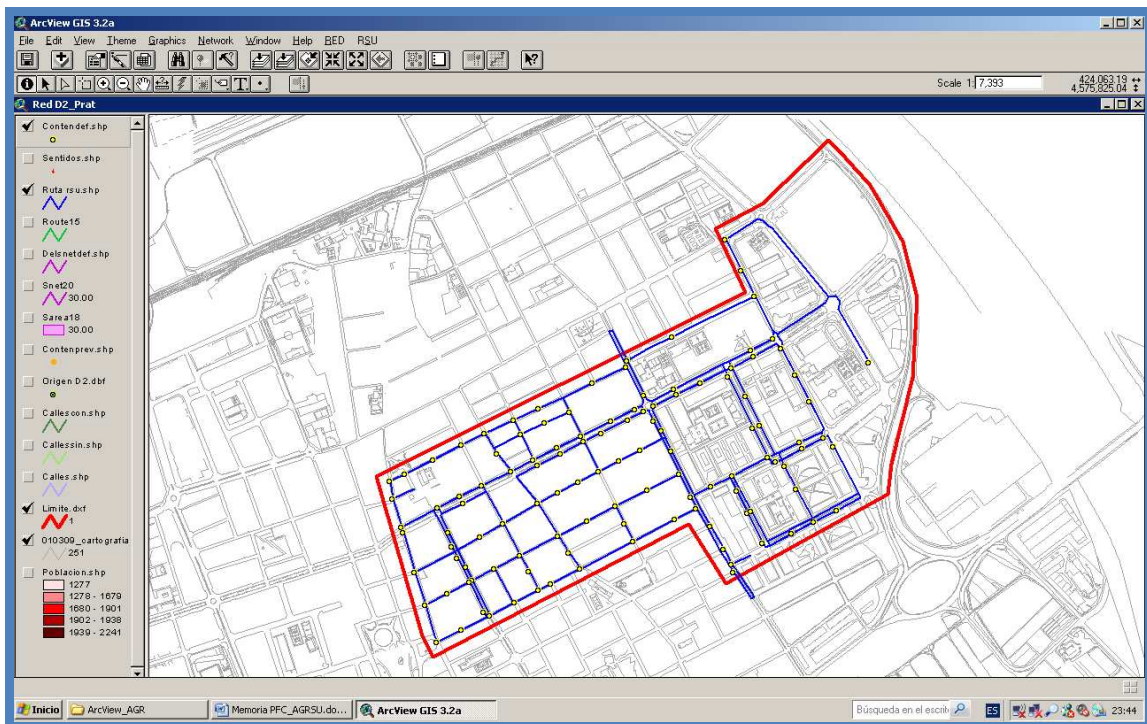


Figura 17 : Ruta óptima de recogida de contenedores de materia orgánica y rechazo



5

Personalización de la aplicación y Scripts

5.1. PERSONALIZACIÓN DE LA APLICACIÓN

Se han añadido a la barra de menús de Arcview dos nuevos menús que engloban las aplicaciones desarrolladas en el proyecto: RED y RSU. Cada opción ejecutará inmediatamente la herramienta asociada. Desglosándolas, se obtienen los menús que se enumeran a continuación.

5.1.1. Menú RED

Este menú comprende básicamente la preparación de la Red de Trabajo (*Ver capítulo 4.4: Preparación de la Red*). Este menú abarca acciones tan variadas como la localización de algún tipo de calles no idóneas, la edición de calles o la creación de mapa sentidos.

5.1.1.1. Busco Origen:

Esta herramienta se aplicará sobre el tema que se quiere editar. Deberá ser el único activo y, evidentemente, no estar en estado de edición. El resultado será un nuevo tema llamado **Origen.shp**. El nuevo tema será añadido a la misma vista en la que se representan las calles del sector. Este tema tiene un carácter puntual, y representa los puntos que están en el 10 % de cada polilínea, es decir, bastante cerca del origen. De este modo el origen de cada polilínea, y por lo tanto, el sentido en el que fue dibujado se conocerá al aplicar este submenú de RED.

5.1.1.2. Editar Calles :

Esta herramienta se utilizará para la edición una por una de calles. Cada vez que se ejecute, editará una sola calle, aquella que sea previamente seleccionada además, el tema será el único activo de la vista. Al utilizarlo, se hará un zoom sobre la polilínea seleccionada, y aparecerá la ventana de dialogo que pide los datos, de forma similar a la anterior herramienta.

5.1.1.3. Mapa Sentidos

Con esta aplicación el ArcView genera un mapa de los sentidos de circulación. Más concretamente, crea un nuevo tema que ayudará a conseguir un mapa de estas características.

Esta herramienta se ejecuta sobre el tema que representa a las calles (incluyendo el sentido de tráfico). Entonces, se generará un tema nuevo, de carácter puntual, que ayudará a generar este mapa. Este nuevo tema sitúa puntos en el centro de cada una de las calles, y guarda en un campo determinado el ángulo que forma las polilínea con la vertical.

La utilidad de esta herramienta consiste básicamente en comprobar que se ha introducido perfectamente los datos de circulación

5.1.2. Menú RSU

Las opciones de este menú consisten en el conjunto de acciones necesarias para poder llegar ubicar y ubicar los contenedores de la manera más eficiente posible.

5.1.2.1. *Asignar Valores*

Esta herramienta sirve para asignar a cada una de las polilíneas que representan las calles de la Red de Trabajo, los valores de generación de residuos sólidos. Este cálculo se basará principalmente en la tasa estándar (en kg/hab.día) de generación de residuos, introducida por el previamente, corregida por unos coeficientes que también se deberá introducir. Esta opción de menú permite cambiar los valores de defecto, por lo que posteriormente, se podrán realizar todo tipo de simulaciones para ensayar diferentes escenarios: aumento repentino de población, variaciones estacionales/diarias, etc. De todas formas los valores de defecto introducidos por el programador son los valores de diseño para la situación más desfavorable.

5.1.2.2. *Localizar Contenedores*

Mediante esta herramienta se localizará los puntos de toma en una primera aproximación. Se pondrá en modo activo el tema que represente la Red de Trabajo, y la aplicación de esta herramienta creará un tema de puntos, que representan a las posibles localizaciones del entramado de puntos de toma que abastecen a toda la Red.

Estos puntos estarán situados dependiendo de unos criterios de localización previamente establecidos.

La aplicación de esta herramienta no produce el tema definitivo que sitúa los contenedores en la Red de Trabajo. Sólo es una primera aproximación. Se deberán seguir los pasos descritos en el capítulo 4.6 para obtener la distribución definitiva.

5.1.2.3. Dimensionar Contenedores

Al aplicar este submenú, se obtendrá el número y capacidad de cada uno de los contenedores necesarios en los diferentes puntos de toma. Para la ejecución de esta herramienta, se necesita identificar los tres siguientes temas: el tema que representa a la Red de Trabajo, al tema resultante de la aplicación del comando Find Service Area (*ver capítulo 4: Aplicación SIG*), y el tema que representa la situación de los contenedores (el resultado de la herramienta Localizar Contenedores después de la depuración descrita en anteriormente). En el caso habitual estos temas se denominan:

- Callessin.shp : Representa la Red de Trabajo.
- Delsnetdef.shp: Representa las “zonas de acción” de los puntos de toma.
- Contendef.shp: Representa los puntos de toma.

El resultado de esta aplicación serán las siguientes modificaciones en las tablas asociadas a los distintos temas, así como la creación de un nuevo tema. En definitiva,

- sobre el tema Delsnetdef.shp, aparecen todos los campos del tema de la red.

Es decir, para cada uno de los registros se conocerán los kg/m.día, de la generación de residuos. Gracias a estas, se crean los campos que indican las cantidades totales generadas en cada una de las polilíneas de la “zona de acción” (estos campos se llaman, por ejemplo, “Cont_Resto”).

- Se crea un tema nuevo (Se deberá introducir la ruta y el nombre que desee) donde se guardarán las cantidades generadas para toda la zona de acción.

Se recomienda repasar la orden **Summarize** en el Manual del ArcView, para entender completamente el cuadro de dialogo que aparecerá.

- En el tema que representa los contenedores aparecen los valores calculados en el nuevo tema, es decir, para cada contenedor se conocerán las cantidades de RSU totales, de la fracción de materia orgánica y de la fracción de resto.
- En el mismo tema aparecen nuevos campos que indican los volúmenes teóricos que se deben recoger en cada uno de los puntos de toma. Se llamarán siguiendo este criterio: "VOL_RSU".
- Una vez se tienen estos resultados, se asigna a cada punto de toma, un número de contenedores.

5.2. SCRIPTS

5.2.1. View.BuscoOrigen

Este script realiza una función auxiliar como la de ayudar a ver el sentido en el que fueron dibujadas las calles. Para el correcto modelo de la red urbana, se deben indicar los sentidos de tráfico en cada calle. Estos sentidos dependerán del sentido en el que fueron dibujadas las polilíneas al inicio del proceso.

Una forma auxiliar de averiguar estos sentidos consiste en saber dónde empieza cada polilínea. Para ello, se situará, en cada polilínea, un punto en el 10 % de la longitud de la polilínea, de forma que ya se conoce el origen, y por lo tanto, el sentido de cada una. Estos puntos se guardan en la tabla Origen.dbf.

(Ver Anexo 2: Scripts utilizados)

5.2.2. View.EditarCalles

Este programa se utiliza una vez se ha conformado la red de calles en un sector determinado, para asignarles un nombre y un sentido de tráfico. El nombre será una cadena de caracteres (máximo 20) y deberá estar en un campo de la tabla denominado STREETNAME. El sentido de la calle se podrá averiguar sabiendo el origen de la polilínea (ver el script View.Calles.BuscoOrigen). Este sentido se podrá especificar siguiendo las indicaciones de la extensión Network Analyst:

- se escribirá FT si el sentido del tráfico coincide con el sentido de la polilínea
- se escribirá TF en caso que el sentido sea el contrario
- si la calle tiene dos sentidos se escribirá cualquier valor o nada
- si la calle está cortada o no hay circulación, se escribirá N

Además, estas denominaciones se incluirán en un campo de la tabla llamado ONEWAY. En casos en que sea confuso la determinación del sentido, bien sea porque la ventana de dialogo aparece justo encima de la calle seleccionada o por otras causas, se escribirá en este campo la palabra “DUDA”.

Del mismo modo, en las calles pequeñas de menos de 3 metros de longitud, se escribirá en el campo ONEWAY la palabra “C. PEQUEÑA”. De esta forma, este trozo de calle tendrá un carácter bidireccional. Este carácter no afecta, en absoluto, a la resolución de los problemas de tráfico que se resuelven en este modelo. Así mismo, a estas calles no se le asignan ningún nombre.

También en las calles peatonales, y con el fin de identificarlas en un análisis posterior de las mismas, en el campo ONEWAY se introducirá el valor “PEATONAL”. En este caso ocurrirá lo mismo que con las calles pequeñas, es decir, la extensión de cálculo de redes le asignará los dos sentidos de circulación, cosa que no difiere en mucho a la realidad.

Por último, decir que este script editará sólo las calles de más de 3 metros de longitud. Para cada una de éstas, se hará un zoom en la zona de la calle seleccionada con el objetivo de distinguirla claramente, y poder asignarle el nombre y el sentido.

(Ver Anexo 2: Scripts utilizados)

5.2.3. View.GenerarMapaSentidos

Mediante este script se pretende obtener un mapa, o un layout, en el que se indiquen los sentidos de circulación de cada una de las calles. De este modo, se podrá corregir posibles errores en la edición de calles.

El programa crearà un tema con un únic camp que indique el angle con el que se deberà representar la flecha de sentido. Con este ángulo se tendrá que editar la leyenda del tema, y elegir la opción **Advanced**. Dentro de esta opción, se indicará como campo de rotación, el nuevo campo creado durante la ejecución de este programa. Además, se deberá cambiar el símbolo del tema que representa los sentidos por una de las flechas que dispone el escritorio del ArcView.

El primer paso del script es la creación del tema que deberá guardar las flechas de sentido, así como del campo que guardará los valores de la rotación de cada una de las flechas (“Angulo”).

En un siguiente paso, el script rastrea todas las polilíneas de la Red de Trabajo (representadas en el tema Callescon.shp), y para cada una de ellas sitúa un punto en la zona central de aquellas polilíneas que tienen una longitud mayor de tres metros. Este criterio se ha utilizado con el único fin de no emborronar un dibujo lleno de flechas. De todas estas polilíneas, sólo se colocarán flechas en las calles con sentido único de circulación, es decir, las calles que tengan el valor de FT o TF en el campo ONEWAY (ver descripción del script View.EditarCalles).

En definitiva, calculando el ángulo de cada polilínea, y dependiendo del sentido de circulación de esta (FT o TF), se recalcula el valor de este ángulo. Este valor se le asocia a los puntos centrales de cada una de las polilíneas.

(Ver Anexo 2: Scripts utilizados)

5.2.4. View.EditarUnaCalle

A veces es necesario la edición individual de polilíneas. Es por esto que se ha desarrollado la presente rutina, que obliga a introducir el nombre y el sentido de la calle previamente seleccionada.

La estructura de este programa es similar al script anterior View.EditarCalles. Después de hacer zoom sobre la calle seleccionada, se introducirán los datos. Si por alguna razón, nos equivocáramos al seleccionar la calle, los valores que poseía anteriormente aparecerán por defecto en el cuadro de dialogo. Normalmente, las calles que se editan de este modo pertenecían a la clase de polilíneas que tenían “DUDA” en el campo ONEWAY.

El nombre de la calle se averigua fácilmente en un mapa-callejero. Sin embargo, para introducir el sentido del tráfico se deberá averiguar en que sentido fue dibujado. Para ello, existen dos formas. La primera de ellas consiste en leer el sentido de las calles anterior y posterior de aquella seleccionada (lo más habitual es que conserven el sentido de circulación). La segunda forma consiste en la visualización del tema Origen.dbf, que nos indicará el sentido de dibujo, tal como se vio en la explicación del script

(Ver Anexo 2: Scripts utilizados)

5.2.5. View.AsignarValores

Este programa se encarga de asignar a cada calle, es decir, a cada polilínea un valor de generación de residuos, en kg/día. Además, y con el objetivo de mejorar el estudio, se extraen los siguientes parámetros:

- Generación de RSU total por calle
- Generación de Materia Orgánica total por calle
- Generación de Resto total por calle
- Relación de RSU total por metro de calle
- Relación de Materia Orgánica total por metro de calle
- Relación de Resto total por metro de calle
- Volumen de RSU total por calle
- Volumen de Materia Orgánica total por calle
- Volumen de Resto total por calle
- Relación del Volumen de RSU total por metro de calle
- Relación del Volumen de Materia Orgánica total por metro de calle

- Relación del Volumen de Resto total por metro de calle
- Otros: población equivalente

Todos estos valores se van calcular a partir de uno de ellos, la cantidad de residuos generados en cada calle.

El programa se basa en la relación entre los temas que representan la población (Poblacion.shp) y la red de trabajo (Callessin.shp). En un primer lugar, se tendrá que situar cada polilínea dentro del polígono poblacional correspondiente. En los casos en que la calle, pertenezca a dos polígonos a la vez, le asignaremos la mitad de la calle a cada polígono.

El siguiente paso del programa consiste en el cálculo de los metros de calle de cada polígono poblacional. Dividiremos los habitantes de todo el polígono, entre los metros de calle, con el objetivo de conseguir la relación kg de residuos generados por metro de calle. Así que, multiplicando este parámetro por la longitud de cada calle se obtendrá la cantidad de residuos generados en cada calle. A fin de cuentas, este era inicialmente el valor deseado en el estudio, y con este programa se ha estimado de la mejor manera posible, teniendo en cuenta los datos de partida. Con este parámetro se calculan sucesivamente el resto, tal como vienen expresadas en las formulas del programa.

(Ver Anexo 2: Scripts utilizados)

5.2.6. View.LocalizarContenedores

Este programa tiene como objetivo el realizar una primera localización de contenedores en la red de trabajo. En realidad, lo que se está haciendo es colocar unos puntos de toma en unos determinados puntos de la red, en función de determinados criterios de localización. Con esto se pretende, tejer una red de puntos de toma que sirvan a toda la población.

En un primer paso, el script crea un nuevo tema, de carácter puntual, que se utilizará para almacenar las localizaciones resultado de aplicar esta herramienta.

En un segundo paso, y para cada una de las polilíneas presentes en el tema activo (callessin.shp), el programa aplica los criterios de elección descritos en el capítulo 4.6.

El último paso consistirá en realizar una depuración del entramado creado en el paso anterior. Consiste en ir eliminando todas aquellas localizaciones repetidas.

Por lo tanto, el resultado final de la aplicación del script, será un nuevo tema, que añadido a la vista actual, representa una primera aproximación a las localizaciones de los puntos de toma. Estas localizaciones serán depuradas de un modo “manual” en etapas posteriores, ya que los criterios utilizados no se podían programar (tales como el conocimiento de la ciudad y sus costumbres, etc).

5.2.7. View.CubicarContenedores

La finalidad de este script consiste en calcular, para cada punto de toma, los valores correspondientes para asignarles un número de contenedores, así como la capacidad de cada uno de ellos. Esta asignación se realizará de forma independiente para los contenedores de materia orgánica y de la fracción de resto.

En un primer lugar, el programa identifica todos los temas que van a ser necesarios para la correcta aplicación de esta herramienta. Los temas necesarios son los siguientes:

- **Callessin.shp.** Representa la Red de Trabajo, sin incluir el campo ONEWAY de los sentidos de circulación. Tiene campos que incluyen las cantidades de residuos, y de cada fracción, generadas en cada calle, así como otros muchos parámetros. De todos ellos, el único que se utilizará a lo largo de esta herramienta serán las relaciones kg/m.día de los residuos totales, de la fracción de materia orgánica, y de la fracción de resto.
- **Delsnetdef.shp.** Este tema representa las diferentes “zonas de acción” de cada una de las localizaciones propuestas de los puntos de toma.
- **Contendef.shp.** El tema, de carácter puntual, representa las localizaciones de los puntos de toma (sin ningún atributo añadido)

Una vez identificados los temas, el script realiza un **Spatial Join** entre las tablas de atributos de los temas Callessin y Delsnetdef. En este caso, todos los atributos del tema de las calles (las relaciones y las cantidades de residuos generadas) pasan a la tabla de atributos de las zonas de acción de cada punto de toma. De este modo, para cada polilínea perteneciente a una zona de acción, se conocerá las distintas relaciones antes comentadas.

En un segundo paso, para cada una de estas polilíneas de la zona de acción se determina su longitud. Con este dato, se calculan las cantidades de residuos totales, de materia orgánica y de resto generadas en cada una de las polilíneas.

En un siguiente paso, se aplica la orden **Summarize** sobre el campo que identifica las distintas zonas de acción. Con esta orden se crea una nueva tabla en la que figuran los siguientes campos:

- Shape: cada registro será la unión de todas las polilíneas de una misma zona de acción.
- Sum_CONT_RSU (kg/dia): Representa la suma de las cantidades generadas por cada una de las distintas polilíneas que pertenecen a una misma zona de acción.
- Sum_CONT_MO (kg/dia): representa la cantidad total de materia orgánica generada en la zona de acción.
- Sum_CONT_RESTO (kg/dia): Determina la cantidad total de la fracción resto generada en la zona de acción.

El tema nuevo, que se deberá introducir el nombre y será añadido a la vista actual.

Con estos valores, y con la introducción de los valores de las distintas densidades, el script calcula los volúmenes generados en los puntos de toma. Se crean dos campos para cada una de las fracciones, el número de contenedores que se deben disponer, y la capacidad de cada uno de ellos. Mediante la reglas de equivalencia expuestas en el capítulo 4.7, el script asignará los valores correspondientes para todos los puntos de toma.



En último lugar, el script añade dos nuevos campos al tema de los contenedores que indicará la capacidad nominal de cada punto de toma. Este valor será igual al producto del número de contenedores por la capacidad de éstos.

Antes de terminar, recordar que todos los campos añadidos a las distintas tablas utilizando la herramienta **Spatial Join** no se guardan como tales en las tablas. El ArcView simplemente almacenará los enlaces realizados, y cada vez que abra el proyecto principal, releerá los datos de las distintas tablas.



6

Conclusiones

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) pueden ser una potente herramienta en la recogida de los residuos sólidos urbanos. Aspectos como la localización, la ubicación y cubicación de los contenedores, la sectorización y el cálculo de las rutas óptimas de recogida han sido objeto de un proceso desarrollado en el entorno de ArcView.

Entre las ventajas que cabe destacar mencionamos:

- **Flexibilidad de adaptación** a las condiciones cambiantes de los sistemas de gestión de los residuos sólidos, así como a las particularidades de cada sistema.
- **Cálculo óptimo de contenedores y rutas.**
- **Visualización gráfica de los resultados**, con una gran versatilidad para la elaboración de las rutas de recogida y para el control y mantenimiento de los contenedores.

Respecto a la viabilidad del presente proyecto se va a justificar en base a tres criterios: **económico, social y medioambiental.**

La implantación de un SIG en cualquier empresa supone un enorme esfuerzo desde el primer momento. Se generan unos altos costes iniciales: compra del hardware y del software, y la formación específica del personal de la empresa. Sin embargo, al cabo de un cierto tiempo, el mantenimiento de un SIG resulta bastante barato comparado con otros métodos. Al estar enlazadas las bases de datos que maneja la empresa con el SIG, éste las actualiza continuamente.

La Aplicación de Residuos, objeto del presente Proyecto, supone un aumento del coste inicial de la recogida de residuos de la empresa concesionaria. Sin embargo, la optimización de rutas de forma automática, revertirá en una **reducción de costes de gestión y explotación** a lo largo de la concesión.

Desde un punto de vista social, la rentabilidad de la implantación de la aplicación de Residuos es clara. La creación y gestión de las bases de datos de Residuos del municipio provoca un **mejor conocimiento del problema**. Este conocimiento puede llegar a la población, ayudándola a conocer el destino de cada uno de los residuos.



La implantación de la Aplicación Informática de Residuos es positiva también desde un punto de vista medioambiental. Al gestionar de una manera más eficiente la gestión de la recogida de residuos, evidentemente, este hecho provocará un ahorro en los kilómetros recorridos por los recolectores. Al recorrer menos distancia, y estar menos tiempo en la ciudad, se produce una mejora medioambiental en el impacto que producía anteriormente: una **menor contaminación acústica** y una **menor cantidad de emisiones a la atmósfera**.



Anexo 1: Información Gráfica



Anexo 2: Scripts utilizados

VIEW.BUSCOORIGEN

Descripción: Al tema que tengan las polilíneas que son las calles identificamos el origen de cada una de ellas. El resultado es la tabla Origen.dbf donde están las coordenadas (x,y) del punto que está situado a un 10% del origen de la polilínea. Esto ayudará a asignar los sentidos de cada calle

```
_DirName = av.GetProject.GetFileName.ReturnDir.AsString
```

```
laVista = av.FindDoc("Red D2_Pratt")
```

```
eltema = laVista.FindTheme("Calles.shp")
```

```
laVTabla = eltema.GetFTab
```

```
elTipo = laVTabla.FindField("Shape")
```

'Creamos la tabla donde guardaremos los valores (x,y): Origen.dbf

```
NombreArchivo = _DirName+"\BD\Origen D2.dbf"
```

```
MiFileName = FileName.Make(NombreArchivo)
```

```
VTablaOrigen = Vtab.makeNew(MiFileName,dBASE)
```

```
VTablaOrigen.SetEditable(true)
```

```
CoordXField = Field.Make("Xcoord",#FIELD_DECIMAL,15,2)
```

```
CoordYField = Field.Make("Ycoord",#FIELD_DECIMAL,15,2)
```

```
VTablaOrigen.AddFields({CoordXField,CoordYField})
```

'Hacemos un bucle para ir añadiendo las coordenadas

```
for each record in laVTabla
```

```
lacalle = laVTabla.ReturnValue(elTipo,record)
```

```
if ((lacalle.ReturnLength)>5) then

    elpunto = lacalle.along(10)

    CorXpunto = elpunto.GetX

    CorYpunto = elpunto.GetY

    nuevoreg = VTablaOrigen.AddRecord

    VTablaOrigen.SetValueNumber(CoordXField,nuevoreg,CorXpunto)

    VTablaOrigen.SetValueNumber(CoordYField,nuevoreg,CorYpunto)

end

end

VTablaOrigen.SetEditable(false)

    'Ahora añadimos esta tabla como un nuevo tema (event theme)

origenXYName = XYName.Make(VTablaOrigen,CoordXField,CoordYField)

TemaOrigen = Theme.Make(origenXYName)

laVista.AddTheme(TemaOrigen)

TemaOrigen.SetVisible(true)

'Por último,

av.GetProject.SetModified(true)
```

VIEW.EDITARCALLES

Descripción: A partir del tema, vamos a editar los nombres de las calles, su sentido y si se deben borrar o no

```
laVista = av.FindDoc("Red D2_Pratt")
```

```
elScriptEd = av.FindDoc("View.EditarCalles")
```

```
eltema = laVista.FindTheme("Calles.shp")
```

```
laVTabla = eltema.GetFTab
```

```
CampoPol = laVTabla.FindField("Shape")
```

```
BitMapVTabla = laVTabla.GetSelection
```

```
BitMapVTabla.ClearAll
```

```
NumeroPol = laVTabla.GetNumRecords
```

```
laVTabla.SetEditable(true)
```

```
msgbox.info("Tenemos "+NumeroPol.AsString+" registros", "")
```

‘Creamos los dos campos donde guardaremos los nombres de las calles

```
'(STREETNAME) y sus sentidos (ONEWAY)
```

```
CampoNombre = Field.Make("STREETNAME",#FIELD_CHAR,25,0)
```

```
CampoSentido = Field.Make("ONEWAY",#FIELD_CHAR,10,0)
```

```
laVTabla.AddFields({CampoNombre,CampoSentido})
```

‘Creamos la lista donde guardaremos los registros a borrar

```
ListaBorrar = List.Make
```


'Empezamos el bucle de edición de calles

for each registro in laVTabla

laPol = laVTabla.ReturnValue(CampoPol,registro)

LongitudPol = laPol.ReturnLength

'Diferenciamos el caso de calles de mas o menos de 3 metros

if (LongitudPol<3) then

laVTabla.SetValueString(CampoNombre,registro," ")

laVTabla.SetValueString(CampoSentido,registro,"C.PEQUEÑA")

'Para calles de más de 3 metros

else

BitMapVTabla.ClearAll

BitMapVTabla.Set(registro)

RectdelaPol = laPol.ReturnExtent

OrigendelaPol = RectdelaPol.ReturnOrigin

NuevoOrigenX = (OrigendelaPol.GetX)-100

NuevoOrigenY = (OrigendelaPol.GetY)-100

NuevoOrigen = Point.Make(NuevoOrigenX,NuevoOrigenY)

SizedelaPol = RectdelaPol.ReturnSize

NuevaAnchura = (SizedelaPol.GetX)+110

NuevaAltura = (SizedelaPol.GetY)+110

NuevaRect =

Rect.Make(NuevoOrigenX@NuevoOrigenY,NuevaAnchura@NuevaAltura)

'NuevaRect = RectdelaPol.ExpandBy(60)

laPantalla0 = laVista.GetDisplay

laPantalla0.ZoomToRect(NuevaRect)

laVista.Draw(laPantalla0)

‘Ahora le pedimos introducir el nombre y el sentido

etiqueta1 = "Nombre de la calle (máximo 20 caracteres)"

etiqueta2 = "Sentido de la calle: FT/TF/BI/BORRAR/DUDA"

etiquetas = {etiqueta1, etiqueta2}

defecto = {"C/ Verge de Montserrat", "FT"}

laentrada = msgbox. MultiInput ("Introduzca los datos de la calle", "", etiquetas, defecto)

NombreCalle = laentrada.Get(0).AsString

SentidoCalle = laentrada.Get(1).AsString

‘Ahora le ponemos estos datos en la tabla

if (SentidoCalle = "BORRAR") then

ListaBorrar.Add(registro)

laVTabla.SetValueString(CampoSentido,registro,SentidoCalle)

elseif (SentidoCalle = "DUDA") then

laVTabla.SetValueString(CampoNombre,registro, " ")

```
laVTabla.SetValueString(CampoSentido,registro,SentidoCalle)

else

laVTabla.SetValueString(CampoNombre,registro,NombreCalle)

laVTabla.SetValueString(CampoSentido,registro,SentidoCalle)

end

end 'del if (LongitudPol<3) ...

end 'del for each ...

    ‘Una vez hemos acabado el bucle, borramos aquellas calles seleccionadas

BitMapVTabla.ClearAll

for each valor in ListaBorrar

    BitMapVTabla.Set(valor)

end

laVTabla.RemoveRecords(BitMapVTabla)

‘Por último

laVTabla.SetEditable(false)

av.GetProject.SetModified(true)

msgbox.info("Tenemosfinalmente+laVTabla.GetNumRecords.AsString+"registros", "")
```

VIEW.GENERARMAPASENTIDOS

A partir del tema, vamos generar los sentidos de las calles en forma de flechas

```
laVista = av.FindDoc("Red D2_Pratt")
```

```
eltema = laVista.FindTheme("callescon.shp")
```

```
ListaGraficos = laVista.GetGraphics
```

```
laVTabla = eltema.GetFTab
```

```
CampoPol = laVTabla.FindField("Shape")
```

```
SentidoPol = laVTabla.FindField("ONEWAY")
```

```
NumeroPol = laVTabla.GetNumRecords
```

'AHORA CREAMOS EL TEMA DONDE GUARDAREMOS LOS SENTIDOS

```
theView = laVista
```

```
'If a theme in the view is being edited, Stop Editing it before creating new theme
```

```
editThm = theView.GetEditableTheme
```

```
if (editThm <> nil) then
```

```
doSave = MsgBox.YesNoCancel("Save edits to "+editThm.GetName+"?", "Stop Editing", true)
```

```
if (doSave = nil) then
```

```
return nil
```

```
end
```

```
if (editThm.StopEditing(doSave).Not) then
```

```
MsgBox.Info("Unable to Save Edits to "
```

```
+ editThm.GetName +  
  
    ", please use the Save Edits As option", "")  
  
return nil  
  
else  
  
    theView.SetEditableTheme(NIL)  
  
end  
  
end
```

‘Como es un tema de redes, solo hay una clase de tema: la polilinea

```
class = Point  
  
def = av.GetProject.MakeFileName("theme", ".shp")  
  
def = FileDialog.Put(def, "*.shp", "New Theme")  
  
if (def <> nil) then  
  
    tbl = FTab.MakeNew(def, class)  
  
    if (tbl.HasError) then  
  
        if (tbl.HasLockError) then  
  
            MsgBox.Error("Unable to acquire Write Lock for file " + def.GetBaseName, "")  
  
        else  
  
            MsgBox.Error("Unable to create " + def.GetBaseName, "")  
  
        end  
  
    end
```

```
return nil

end

fld = Field.Make("ID", #FIELD_DECIMAL, 8, 0)

fld.SetVisible( FALSE )

tbl.AddFields({fld})

tbl.SetEditable(False)

theTheme = FTheme.Make(tbl)

theView.AddTheme(theTheme)

theTheme.SetActive(TRUE)

theTheme.SetVisible(TRUE)

theView.SetEditableTheme(theTheme)

av.GetProject.SetModified(true)

end

TemaSentidos = theTheme

SentidosTabla = TemaSentidos.getFTab

ShapeDestino = SentidosTabla.FindField("Shape")

AngField = Field.Make("Angulo",#FIELD_DECIMAL,10,2)

SentidosTabla.AddFields({AngField})
```

‘AHORA EMPEZAMOS CON LA EJECUCIÓN DEL BUCLE

```
for each registro in laVTabla
```

```
laPol = laVTabla.ReturnValue(CampoPol,registro)
```

```
sentido = laVTabla.ReturnValue(SentidoPol,registro)
```

'Continuamos solo para polilíneas mayores de 3 metros para no emborronar el dibujo

```
longitudPol = laPol.ReturnLength
```

```
if (((sentido="FT")or(sentido="TF"))and(LongitudPol>3)) then
```

```
CentroPol = laPol.ReturnCenter
```

```
AuxPol = laPol.along(60)
```

```
MedX = CentroPol.GetX
```

```
MedY = CentroPol.GetY
```

```
AuxX = AuxPol.GetX
```

```
AuxY = AuxPol.GetY
```

'CALCULO EL ANGULO DE LA POLILINEA

```
angulo = (((AuxY-MedY)/(AuxX-MedX)).ATan)*57.3
```

```
'el angulo esta entre -90 y 90 grados
```

```
angulodef = 0
```

'DEPENDIENDO DEL SENTIDO DE LA CALLE, ASIGNO UN ANGULO

```
caso1 = ((medX<auxX)and(medy<auxy))and(sentido="FT")
```

```
if (caso1) then
```

```
angulodef = angulo-90
```

end

caso2 = ((medX<auxX)and(medy<auxy))and(sentido="TF")

if (caso2) then

 angulodef = angulo+180-90

end

caso3 = ((auxX<medX)and(auxY<medY)) and (sentido="TF")

if (caso3) then

 angulodef = angulo-90

end

caso4 = ((auxX<medX)and(auxY<medY)) and (sentido="FT")

if (caso4) then

 angulodef = angulo+180-90

end

caso5 = ((medx<auxx)and(auxy<medy)) and(sentido="FT")

if (caso5) then

 angulodef = 360+angulo-90

end

caso6 = ((medx<auxx)and(auxy<medy)) and(sentido="TF")

if (caso6) then

 angulodef = 180+angulo-90

end

caso7 = ((auxx<medx)and(medy<auxy))and(sentido="TF")

if (caso7) then

 angulodef = 360+angulo-90

end

caso8 = ((auxx<medx)and(medy<auxy))and(sentido="FT")

if (caso8) then

 angulodef = 180+angulo-90

end

'AHORA PONEMOS ESTOS PUNTOS CENTRALES EN EL TEMA DESTINO

PtoCentral = Point.Make(medx,medy)

nuevoreg = SentidosTabla.AddRecord

SentidosTabla.SetValue(ShapeDestino,nuevoreg,PtoCentral)

'AHORA PONEMOS LOS ANGULOS CORRESPONDIENTES A ESTOS PUNTOS

SentidosTabla.SetValue(AngField,nuevoreg,angulodef)

end 'delif (LongitudPol>3)

end 'del for each registro

av.GetProject.SetModified(true)

'FIN DEL PROGRAMA

VIEW.EDITARUNACALLE

Descripción: A partir del tema de la red, editaremos sólo una calle (aquella que este previamente seleccionada) y cambiaremos propiedades de nombre y sentido. Antes deberemos ejecutar **View.BuscoOrigen**

```
laVista = av.FindDoc("Red D2_Pratt")
```

```
eltema = laVista.FindTheme("Callessin.shp")
```

```
laVTabla = eltema.GetFtab
```

```
ShapeField = laVTabla.FindField("Shape")
```

```
NombreField = laVTabla.FindField("STREETNAME")
```

```
SentidoField = laVTabla.FindField("ONEWAY")
```

```
elBitMap = laVTabla.GetSelection
```

```
laVTabla.SetEditable(true)
```

'BUSCAMOS LA POLILINEA PRESELECCIONADA

```
buscador = -1
```

```
if (ElBitMap.Count = 1) then
```

```
    buscador = ElBitMap.GetNextSet(buscador)
```

```
    registro = buscador
```

```
    laPol = laVTabla.ReturnValue(ShapeField,registro)
```

```
    NombrePol = laVTabla.ReturnValue(NombreField,registro)
```

```
    SentidoPol = laVTabla.ReturnValue(SentidoField,registro)
```

'HACEMOS ZOOM SOBRE LA POLILINEA SELECCIONADA

```
RectdelaPol = laPol.ReturnExtent
```

```
OrigendelaPol = RectdelaPol.ReturnOrigin
```

```
NuevoOrigenX = (OrigendelaPol.GetX)-100
```

```
NuevoOrigenY = (OrigendelaPol.GetY)-100
```

```
NuevoOrigen = Point.Make(NuevoOrigenX,NuevoOrigenY) SizedelaPol =  
RectdelaPol.ReturnSize
```

```
NuevaAnchura = (SizedelaPol.GetX)+110
```

```
NuevaAltura = (SizedelaPol.GetY)+110
```

```
NuevaRect =
```

```
Rect.Make(NuevoOrigenX@NuevoOrigenY,NuevaAnchura@NuevaAltura)
```

```
'NuevaRect = RectdelaPol.ExpandBy(60)
```

```
laPantalla0 = laVista.GetDisplay
```

```
laPantalla0.ZoomToRect(NuevaRect)
```

```
laVista.Draw(laPantalla0).
```

'PEDIMOS LOS NUEVOS DATOS

```
etiqueta1 = "Nombre de la calle (máximo 20 caracteres)"
```

```
etiqueta2 = "Sentido de la calle: FT/TF/BI/BORRAR/DUDA"
```

```
etiquetas = {etiqueta1, etiqueta2}
```

```
defecto = {NombrePol,SentidoPol}
```

```
laentrada = msgbox.MultilInput ("Introduzca los datos de la calle", "", etiquetas, defecto)
```

```
NombreCalle = laentrada.Get(0).AsString
```

```
SentidoCalle = laentrada.Get(1).AsString
```

‘CAMBIAMOS LOS DATOS NUEVOS

```
laVTabla.SetValueString(NombreField, registro, NombreCalle)
```

```
laVTabla.SetValueString(SentidoField, registro, SentidoCalle)
```

```
end 'del if
```

```
laVTabla.SetEditable(false)
```

```
av.GetProject.SetModified(true)
```

VIEW.ASIGNARVALORES

Descripción: Se van a asignar los valores de la tasa de generación de residuos (TGArSU) para cada calle. Todo en función de los coeficientes mensuales, diarios, y de de renta. El cálculo se basa en la densidad de población.

```
laVista = av.FindDoc("Red D2_Pratt")
```

```
eltemaPol = laVista.FindTheme("callessin.shp")
```

```
laVTablaPol = eltemaPol.GetFtab
```

```
CampoPol = laVTablaPol.FindField("Shape")
```

```
eltemaDen = laVista.FindTheme("Poblacion.shp")
```

```
laVTablaDen = eltemaDen.GetFtab
```

```
CampoDen = laVTablaDen.FindField("Shape")
```

campoPobla = laVTablaDen.FindField("Total_habi")

NumSectorDen = laVTablaDen.FindField("N_sector")

SeccionDen = laVTablaDen.FindField("Sección")

‘PRIMERO: Introducimos los valores de los coeficientes de variación (los habituales aparecen por defecto)

‘Valores de defecto de los coeficientes

Cvm = 1

Cvd = 1

Cvr = 1.08

Cseg = 1.1

Frec = 7

‘Valores de defecto de los parámetros

Cmorganica = 0.11 'en %

Cresto = 0.77 'en %

CdenMO = 360 'en kg/m3

CdenResto = 100 'en kg/m3

CTasa = 1.16 'en kg/hab.dia

‘Se pueden cambiar los valores de los coeficientes

etiqueta1 = "Coeficiente de variación mensual (Cvm) "

etiqueta2 = "Coeficiente de variación diario (Cvd) "

etiqueta3 = "Coeficiente de variación de renta (Cvr) "

etiqueta4 = "Coeficiente de seguridad (Cseg) "

etiqueta5 = "Numero de días de recogida (max. 7) "

etiquetas = {etiqueta1, etiqueta2, etiqueta3, etiqueta4,etiqueta5}

defecto = {Cvm.AsString, Cvd.AsString, Cvr.AsString, Cseg.AsString, Frec.AsString}

titulo = "INTRODUZCA LOS VALORES DE LOS COEFICIENTES"

laentrada = msgbox.MultilInput (titulo,"View.AsignarValores",etiquetas,defecto)

Cvm = laentrada.Get(0).AsNumber

Cvd = laentrada.Get(1).AsNumber

Cvr = laentrada.Get(2).AsNumber

Cseg = laentrada.Get(3).AsNumber

Frec = laentrada.Get(4).AsNumber

‘Se pueden cambiar los valores de los parámetros

etiqueta00 = "Tasa de Generación (kg/hab.dia) "

etiqueta10 = "Densidad de la Materia Organica (kg/m3) "

etiqueta11 = "Densidad de Resto (kg/m3) "

etiqueta22 = "Porcentaje de Materia Orgánica "

etiqueta33 = "Porcentaje de Resto "

etiquetas123 = {etiqueta00, etiqueta10, etiqueta11, etiqueta22, etiqueta33}

defecto123 =

```
{Ctasa.AsString,CdenMO.AsString,CdenResto.AsString,Cmorganica.AsString,Cresto. AsString}
```

titulo123 = "INTRODUZCA LOS VALORES DE LAS PARAMETROS"

laentrada123 = msgbox.MultiInput

```
(titulo123,"View.AsignarValores",etiquetas123,defecto123)
```

Ctasa = laentrada123.Get(0).AsNumber

CdenMO = laentrada123.Get(1).AsNumber CdenResto = laentrada123.Get(2).AsNumber

Cmorganica = laentrada123.Get(3).AsNumber Cresto = laentrada123.Get(4).AsNumber

‘SEGUNDO: Ahora vamos a crear los campos donde se guardaran los resultados

laVTablaDen.SetEditable(true)

laVTablaPol.SetEditable(true)

SuperficieDen = Field.Make("SUPERFICIE",#FIELD_DECIMAL,15,3)

DensidadDen = Field.Make("DENSIDAD",#FIELD_DECIMAL,15,3)

KmcallesDen = Field.Make("KM_CALLES",#FIELD_DECIMAL,10,3)

BoteDen = Field.Make("BOTE_CALLES",#FIELD_DECIMAL,10,3)

TotalkmDen = Field.Make("TOTAL_KM",#FIELD_DECIMAL,10,3)

Hab_mcallesDen = Field.Make("HAB/M",#FIELD_DECIMAL,10,5)

```
laVTablaDen.AddFields({SuperficieDen,densidadDen,KmcallesDen,BoteDen,totalkmden,Hab_m  
callesden})
```

LongitudPol = Field.Make("LONGITUD",#FIELD_DECIMAL,10,3)

NumSectorPol = Field.Make("NUM_SECTOR",#FIELD_DECIMAL,5,0)

SeccionPol = Field.Make("SECCION",#FIELD_CHAR,5,0)

MRSUtotalPol = Field.Make("RSU TOTAL (kg/dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

MorganicatotalPol = Field.Make("M.ORGANICA (kg/dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

MrestototalPol = Field.Make("M.RESTO (kg/dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

MRSUrelacPol = Field.Make("rel RSU (kg/m.dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

MorganicarelacPol = Field.Make("rel MO (kg/m.dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

MrestorelacPol = Field.Make("rel RESTO (kg/m.dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

VRSUtotalPol = Field.Make("VOL.RSU (m3/dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

VorganicatotalPol = Field.Make("VOL.MO (m3/dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

VrestototalPol = Field.Make("VOL.RESTO (m3/dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

VRSUrelacPol = Field.Make("rel VOL.RSU (m3/m.dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

VorganicarelacPol = Field.Make("rel VOL.MO (m3/m.dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

VrestorelacPol = Field.Make("rel VOL.RESTO (m3/m.dia)",#FIELD_DECIMAL,10,3)

PoblaEquivPol = Field.Make("POBLACION EQUIV",#FIELD_DECIMAL,10,3)

laVTablaPol.AddFields({LongitudPol,NumSectorPol,SeccionPol,

MRSUtotalPol,MorganicatotalPol,MrestototalPol,

MRSUrelacPol,MorganicarelacPol,MrestorelacPol,

VRSUtotalPol,VorganicatotalPol,VrestototalPol,

VRSUrelacPol,VorganicarelacPol,

VrestorelacPol,PoblaEquivPol})

bote = 0

‘TERCERO: Asignamos a cada calle el valor de la tasa de generación en primer lugar, identificamos las calles que están en el interior de cada uno de los polígono que representa a la población

for each registro in laVTablaPol yaregistrado = 0

laPol = laVTablaPol.ReturnValue(CampoPol,registro)

lalongitud = laPol.ReturnLength

laVTablaPol.SetValueNumber(LongitudPol,registro,lalongitud)

for each reg in laVTablaDen

elPolig = laVTablaDen.ReturnValue(CampoDen,reg)

if (elPolig.Contains(laPol)) then

yaregistrado = 1

Identifico en el tema Pol en que sector de la población se encuentra

numsector = laVtablaDen.returnValue(NumSectorDen,reg)

seccion = laVtablaDen.returnValue(SeccionDen,reg)

laVTablaPol.SetValueNumber(NumSectorPol,registro,numsector)

laVTablaPol.SetValueString(SeccionPol,registro,seccion)

end 'del if

end 'del for each reg in laVTablaDen

Si la polilínea no pertenece por entero a un polígono

```
if (yaregistrado = 0) then
```

```
    Punto10 = laPol.Along(10)
```

```
    Punto25 = laPol.Along(25)
```

```
    Punto40 = laPol.Along(40)
```

```
    Punto60 = laPol.Along(60)
```

```
    Punto75 = laPol.Along(75)
```

```
    Punto90 = laPol.Along(90)
```

```
for each reg2 in laVTablaDen
```

```
    elPolig2 = laVTablaDen.ReturnValue(CampoDen,reg2)
```

'Si el 75% de la polilínea pertenece a un mismo polígono

```
if ((elPolig2.Contains(Punto10))and(elPolig2.Contains(Punto75))) then
```

```
    yaregistrado = 1
```

```
    laVTablaPol.SetValueString(SeccionPol,registro,"bote")
```

```
    bote = laVTablaDen.ReturnValue(BoteDen,reg2)
```

```
    bote = bote + (lalongitud*0.75)
```

```
    laVTablaDen.SetValueNumber(BoteDen,reg2,bote)
```

```
end
```

```
if ((elPolig2.Contains(Punto25))and(elPolig2.Contains(Punto90))) then
```

```
    yaregistrado = 1
```

```
laVTablaPol.SetValueString(SeccionPol,registro,"bote")
```

```
bote = laVTablaDen.ReturnValue(BoteDen,reg2)
```

```
bote = bote + (lalongitud*0.75)
```

```
laVTablaDen.SetValueNumber(BoteDen,reg2,bote)
```

```
end
```

'Si tenemos la polilínea dividida en dos mitades

```
if ((elPolig2.Contains(Punto40)) and ((elPolig2.Contains(Punto60)).not)) then
```

```
yaregistrado = 1
```

'Asignamos al polígono un bote

```
laVTablaPol.SetValueString(SeccionPol,registro,"bote")
```

```
bote = laVTablaDen.ReturnValue(BoteDen,reg2)
```

```
bote = bote + ((laPol.ReturnLength)/2)
```

```
laVTablaDen.SetValueNumber(BoteDen,reg2,bote)
```

```
end
```

```
if ((elPolig2.Contains(Punto60)) and((elPolig2.Contains(Punto40)).not)) then
```

```
yaregistrado = 1
```

'Asignamos al polígono un bote

```
laVTablaPol.SetValueString(SeccionPol,registro,"bote")
```

```
bote = laVTablaDen.ReturnValue(BoteDen,reg2)
```

```
bote = bote + ((laPol.ReturnLength)/2)
```

```
laVTablaDen.SetValueNumber(BoteDen,reg2,bote)

end

end 'del for each reg2

end 'del if (yaregistrado = 0)

if (yaregistrado = 0)

    then error = 99999

    laVTablaPol.SetValueNumber(SeccionPol,registro,error)

end 'del if

end 'del for each registro in

laVTablaPol laVTablaDen.SetEditable(false)

laVTablaPol.SetEditable(false)
```

‘CUARTO: En este momento, en cada calle se ha identificado a que sector, y sección pertenecen. Ahora, se va a calcular los km de calles que existen en cada uno de los polígonos de población.

```
laVTablaDen.SetEditable(true)

laVTablaPol.SetEditable(true)

for each reg3 in laVTablaPol

    lalongitudPol = laVTablaPol.ReturnValue(LongitudPol,reg3)

    elNumSectorPol = laVTablaPol.ReturnValue(NumSectorPol,reg3)

    laseccionPol = laVTablaPol.ReturnValue(SeccionPol,reg3)

    if (laseccionPol = error) then
```

```
msgbox.error("Alguna polilinea no se ha situado correctamente", "View.AsignarValores")

end

for each reg4 in laVTablaDen

elNumSectorDen = laVTablaDen.ReturnValue(NumSectorDen,reg4)

laseccionDen = laVTablaDen.ReturnValue(SeccionDen,reg4)

LosKmcalleDen = laVTablaDen.ReturnValue(KmcalleDen,reg4)

if ((laseccionDen = laseccionPol) and (elNumSectorDen = elNumSectorPol)) then

losKmcalle = losKmcalleDen+lalongitudPol

laVTablaDen.SetValueNumber(kmcalleDen,reg4,losKmcalle)

end

end 'del reg4

end 'del reg3
```

‘Ahora le añadimos los km del bote, la superficie, la densidad

```
for each reg5 in laVtablaDen

loskmcalle5 = laVTablaDen.ReturnValue(kmcalleDen,reg5)

elBoteDen = laVTablaDen.ReturnValue(BoteDen,reg5)

totalkmcalle = loskmcalle5+elboteden

laVTablaDen.SetValueNumber(totalkmden,reg5,totalkmcalle)

elpoligonoden = laVTablaDen.ReturnValue(CampoDen,reg5)

lasuperficeden = elpoligonoden.ReturnArea
```

```
laVTablaDen.SetValueNumber(superficiesden,reg5,lasuperficiesden)

lapoblacion = laVTablaDen.ReturnValue(campoPobla,reg5)

ladensidad = lapoblacion/lasuperficiesden larelacionhab_m = lapoblacion/totalkmcalles

laVTablaDen.SetValueNumber(densidadDen,reg5,ladensidad)

laVTablaDen.SetValueNumber(hab_mcallesDen,reg5,larelacionhab_m)

end
```

‘QUINTO: ahora le ponemos a cada calle los resultados finales

‘Antes calculamos la media de habitantes/metro para las calles partidas (bote)

```
lamedia = 1.1

lasuma = 0

for each reges in laVTablaDen

    eldato = laVTablaDen.ReturnValue(hab_mcallesden,reges)

    lasuma = lasuma + eldato end

if (lasuma=0) then

    lamedia = lasuma/(laVTablaDen.GetNumRecords)

end

for each reg6 in laVTablaPol

    laPol6 = laVTablaPol.ReturnValue(CampoPol,reg6)

    elNumSectorPol6 = laVTablaPol.ReturnValue(NumSectorPol,reg6)

    laseccionPol6 = laVTablaPol.ReturnValue(SeccionPol,reg6)
```

```
lalongitudPol6 = laVTablaPol.ReturnValue(LongitudPol,reg6)

for each reg7 in laVTablaDen

    elNumSectorDen7 = laVTablaDen.ReturnValue(NumSectorDen,reg7)

    laseccionDen7 = laVTablaDen.ReturnValue(SeccionDen,reg7)

        criterio1 = ((laseccionDen7 = laseccionPol6) and (elNumSectorDen7 = elNumSectorPol6))

        criterio2 = ((laseccionPol6 = "bote") or (laseccionPol6 = "99999"))

        if (criterio1 or criterio2) then

            if (criterio1) then

                larelacion = laVTablaDen.ReturnValue(hab_mcallesden,reg7)

            end

            if (criterio2) then

                larelacion = lamedia

            end

            'Calculamos las relaciones (kg/m.dia)

            laRSUrelac = larelacion*Ctasa*Cvm*Cvd*Cvr*Cseg*0.915

            laMOrelac = larelacion*Ctasa*Cvm*Cvd*Cvr*Cmorganica*Cseg*0.915

            laRestorelac = larelacion*Ctasa*Cvm*Cvd*Cvr*Cresto*Cseg*0.915

            laVTablaPol.SetValueNumber(MRSUrelacPol,reg6,laRSUrelac)

            laVTablaPol.SetValueNumber(MorganicarelacPol,reg6,laMOrelac)

            laVTablaPol.SetValueNumber(MRestorelacPol,reg6,laRestorelac)
```

'Calculamos los totales (Kg/dia)

$eRSUtotal = lalongitudPol6 * laRSUrelac$

$eIMOtotal = lalongitudPol6 * laMOrelac$

$eRestototal = lalongitudPol6 * laRestorelac$

$laVTablaPol.SetValueNumber(MRSUtotalPol, reg6, eRSUtotal)$

$laVTablaPol.SetValueNumber(MorganicatotalPol, reg6, eIMOtotal)$

$laVTablaPol.SetValueNumber(MRestototalPol, reg6, eRestototal)$

'Calculamos las relaciones de volumen (m3/m.dia)

$Cdensidad = CdenMO * Corganica + CdenResto * Cresto$

$laVRSUrelac = larelacion * Ctasa * Cvm * Cvd * Cvr * Cdensidad * Cseg * 0.915$

$laVMOrelac = larelacion * Ctasa * Cvm * Cvd * Cvr * Corganica * CdenMO * Cseg * 0.915$

$laVRestorelac = larelacion * Ctasa * Cvm * Cvd * Cvr * Cresto * CdenResto * Cseg * 0.915$

$laVTablaPol.SetValueNumber(VRSUrelacPol, reg6, laVRSUrelac)$

$laVTablaPol.SetValueNumber(VorganicarelacPol, reg6, laVMOrelac)$

$laVTablaPol.SetValueNumber(VRestorelacPol, reg6, laVRestorelac)$

'Calculamos los volúmenes totales (m3/dia)

$eVRSUtotal = lalongitudPol6 * laVRSUrelac$

$eVIMOtotal = lalongitudPol6 * laVMOrelac$

$eVRestototal = lalongitudPol6 * laVRestorelac$

$laVTablaPol.SetValueNumber(VRSUtotalPol, reg6, eVRSUtotal)$


```
laVTablaPol.SetValueNumber(VorganicatotalPol,reg6,eIVMOtotal)
```

```
laVTablaPol.SetValueNumber(VRestototalPol,reg6,eIVRestototal)
```

‘Calculamos otros parámetros

```
Poblacionequiv = lalongitudPol6*larelacion
```

```
laVTablaPol.SetValueNumber(PoblaEquivPol,reg6,poblacionequiv)
```

```
end 'del if
```

```
end 'del reg7
```

```
end 'del reg6
```

```
laVTablaDen.SetEditable(false)
```

```
laVTablaPol.SetEditable(false)
```

‘Por último,

```
av.GetProject.SetModified(true)
```

VIEW.LOCALIZARCONTENEDORES

‘Dado el tema de calles, y los valores de generación por cada una, vamos a localizar los contenedores en los cruces reales.

```
laVista = av.FindDoc("Red D2_Pratt")
```

```
eltemaPol = laVista.FindTheme("Callessin.shp") laVTablaPol = eltemaPol.GetFTab
```

```
CampoPol = laVTablaPol.FindField("Shape")
```

```
LongitudPol = laVTablaPol.FindField("LONGITUD")
```

‘PRIMERO: Vamos a crear el tema donde se va a guardar los posibles localizaciones de los puntos de toma

```
theView = laVista
```

```
'If a theme in the view is being edited, Stop Editing it before creating new theme
```

```
editThm = theView.GetEditableTheme
```

```
if (editThm <> nil) then
```

```
doSave = MsgBox.YesNoCancel("Save edits to "+editThm.GetName+"?", "StopEditing", true)
```

```
if (doSave = nil) then return nil
```

```
end
```

```
if (editThm.StopEditing(doSave).Not) then
```

```
MsgBox.Info("Unable to Save Edits to "
```

```
+ editThm.GetName +
```

```
", please use the Save Edits As option", "")
```

```
return nil else
```

```
theView.SetEditableTheme(NIL)
```

```
end end
```

‘Como es un tema de redes, solo hay una clase de tema: la polilínea

```
class = Point
```

```
def = av.GetProject.MakeFileName("theme", "shp")
```



```
def = FileDialog.Put(def, "*.shp", "New Theme")

if (def <> nil) then

tbl = FTab.MakeNew(def, class)

if (tbl.HasError) then

if (tbl.HasLockError) then

MsgBox.Error("Unable to acquire Write Lock for file " + def.GetBaseName, "")

else

MsgBox.Error("Unable to create " + def.GetBaseName, "")

end

return nil

end

fld = Field.Make("ID", #FIELD_DECIMAL, 8, 0)

fld.SetVisible( FALSE )

tbl.AddFields({fld})

tbl.SetEditable(False)

theTheme=FTheme.Make(tbltheView.AddTheme(theTheme)
theTheme.SetActive(TRUE)theTheme.SetVisible(TRUE) theView.SetEditableTheme(theTheme)
av.GetProject.SetModified(true)

end

eltemaC = theTheme

vtabC = eltemaC.getFTab
```

```
ShapeC = vtabC.FindField("Shape")
```

‘SEGUNDO: Mediante los criterios descritos en la memoria sitúo los puntos de toma en el tema C (de contenedores)

```
for each reg in laVTablaPol
```

```
laPol = laVTablaPol.ReturnValue(CampoPol,reg)
```

```
lalongPol = laVTablaPol.ReturnValue(LongitudPol,reg)
```

```
if (lalongPol>10) then
```

```
    Punto1 = laPol.Along(0)
```

```
    Punto2 = laPol.Along(100)
```

```
    nuevoreg1 = vtabC.AddRecord
```

```
    vtabC.setvalue(ShapeC,nuevoreg1,punto1)
```

```
    nuevoreg2 = vtabC.AddRecord
```

```
    vtabC.setvalue(ShapeC,nuevoreg2,punto2)
```

```
end
```

```
'    if ((lalongPol<60) and (lalongPol>40)) then
```

```
'        Punto1 = laPol.Along(0)
```

```
'        Punto2 = laPol.Along(100)
```

```
'        nuevoreg1 = vtabC.AddRecord
```

```
'        vtabC.setvalue(ShapeC,nuevoreg1,punto1)
```

```
'        nuevoreg2 = vtabC.AddRecord
```

```
' vtabC.setvalue(ShapeC,nuevoreg2,punto2)
```

```
' end
```

```
if ((lalongPol>100) and (lalongPol<150)) then
```

```
    Punto1 = laPol.Along(50)
```

```
    nuevoreg1 = vtabC.AddRecord
```

```
    vtabC.setvalue(ShapeC,nuevoreg1,punto1)
```

```
end
```

```
if (lalongPol>151) then
```

```
    Punto1 = laPol.Along(33)
```

```
    Punto2 = laPol.Along(66)
```

```
    nuevoreg1 = vtabC.AddRecord
```

```
    vtabC.setvalue(ShapeC,nuevoreg1,punto1)
```

```
    nuevoreg2 = vtabC.AddRecord
```

```
    vtabC.setvalue(ShapeC,nuevoreg2,punto2)
```

```
end
```

```
end 'del reg eltemaC.StopEditing(true)
```

```
av.Getproject.SetModified(true)
```

'TERCERO: En este paso elimino los puntos de toma repetidos

```
vtabC.SetEditable(true)
```

```
NumeroPolC = vtabC.GetNumRecords
```

```
elBitMap = vtabC.GetSelection elBitMap.ClearAll
```

Añado un campo a la tabla que me indique si son originales o no

```
CampoRep = Field.Make("REPETICION",#FIELD_CHAR,10,0)
```

```
vtabC.AddFields({CampoRep})
```

```
for each registro in 0..(NumeroPolC -1)
```

```
    laToma1 = vtabC.ReturnValue(CampoPol,registro)
```

```
    controlRegistro = vtabC.ReturnValue(CampoRep,registro)
```

```
    if (((controlRegistro = "BIEN").not) and ((controlRegistro = "REPETIDO").not)) then
```

```
        VtabC.SetValue(CampoRep,registro,"BIEN")
```

```
    end
```

```
    if ((controlRegistro = "REPETIDO").not) then
```

```
        if (registro<(NumeroPolC -1)) then
```

```
            for each reg2 in (registro+1)..(NumeroPolC -1)
```

```
                laToma2 = vtabC.ReturnValue(CampoPol,reg2)
```

```
                if (laToma1.ReturnCenter = laToma2.ReturnCenter) then
```

```
                    elBitMap.Set(reg2)
```

```
                    vtabC.SetValue(CampoRep,reg2,"REPETIDO")
```

```
                end
```

```
            end
```

```
        end
```

```
end 'del if ((controlRegistro = "REPET..
```

```
end
```

'Ahora borro las repetidas

```
vtabC.RemoveRecords(elBitMap)
```

```
vtabC.SetEditable(false)
```

```
av.Getproject.SetModified(true)
```

'POR ULTIMO

```
av.GetProject.SetModified(true)
```

VIEW.CUBICARCONTENEDORES

'Calcularan las cantidades de residuos para cada uno de los puntos de toma.

```
laVista = av.FindDoc("Red D2_PRAT")
```

```
eltemaPol = laVista.FindTheme("Callessin.shp")
```

```
laVTablaPol = eltemaPol.GetFTab
```

```
CampoPol = laVTablaPol.FindField("Shape")
```

```
eltema2 = laVista.FindTheme("Delsnetdef.shp")
```

```
laVTabla2 = eltema2.GetFTab
```

```
Campo2 = laVTabla2.FindField("Shape")
```

```
temaContene = laVista.FindTheme("Contendef.shp")
```

```
laVTablaContene = temacontene.GetFTab
```

```
ShapeContene = laVTablaContene.FindField("Shape")
```

'Hacemos el spatial join

```
laVTabla2.Join(Campo2,laVTablaPol,campoPol)
```

```
laVTabla2.Refresh
```

'Editamos la tabla y añadimos los campos correspondientes

```
laVTabla2.SetEditable(true)
```

```
Campo_relRSU = laVTabla2.FindField("rel RSU (kg/m.dia)")
```

```
Campo_relMO = laVTabla2.FindField("rel MO (kg/m.dia)")
```

```
Campo_relRESTO = laVTabla2.FindField("rel RESTO (kg/m.dia)")
```

```
campolong = Field.Make("LONG",#FIELD_DECIMAL,15,3)
```

```
campocontRSU = Field.Make("CONT_RSU (kg/dia)",#FIELD_DECIMAL,15,3)
```

```
campocontMO = Field.Make("CONT_MO (kg/dia)",#FIELD_DECIMAL,15,3)
```

```
campocontRESTO = Field.Make("CONT_RESTO (kg/dia)",#FIELD_DECIMAL,15,3)
```

```
laVTabla2.AddFields({campolong,campocontRSU,campocontMO,campocontRESTO})
```

'Calculamos estos campos

```
cadena1 = "[Shape].ReturnLength"
```

```
cadena2 = "[LONG]*[rel RSU (kg/m.dia)]"
```

```
cadena3 = "[LONG]*[rel MO (kg/m.dia)]"
```

```
cadena4 = "[LONG]*[rel RESTO (kg/m.dia)]"
```

```
laVTabla2.Calculate(cadena1,campolong)
```

```
laVTabla2.Calculate(cadena2,campocontRSU)
```



```
laVTabla2.Calculate(cadena3,campocontMO)
```

```
laVTabla2.Calculate(cadena4,campocontRESTO)
```

```
laVTabla2.SetEditable(false)
```

'Ahora hago el Summarize con esta tabla

```
campoSu = laVTabla2.FindField("Site_id")
```

```
nuevaVTabla = SummaryDialog.Show(laVTabla2,campoSu)
```

'Añadimos esta tabla a la vista activa

```
if (nuevaVTabla.Is(Ftab)) then
```

```
ftemanuevo = FTheme.Make(nuevaVTabla)
```

```
laVista.AddTheme(ftemanuevo)
```

```
end
```

'Hacemos el ultimo spatial join

```
Shapenueva = nuevaVTabla.FindField("Shape")
```

```
laVTablaContene.Join(ShapeContene,nuevaVTabla,Shapenueva)
```

```
laVTablaContene.Refresh
```

'Falta añadir los campos de las volúmenes generados

```
DensMO = 360 'en kg/m3
```

```
DensResto = 100 'en kg/m3
```

```
Densidad = 100 'en kg/m3
```

```
laVTablaContene.SetEditable(true)
```

```
campovolRSU = Field.Make("VOL_RSU (m3/dia)",#FIELD_DECIMAL,15,3)

campovolMO = Field.Make("VOL_MO (m3/dia)",#FIELD_DECIMAL,15,3)

campovolResto = Field.Make("VOL_Resto (m3/dia)",#FIELD_DECIMAL,15,3)

laVTablaContene.AddFields({campovolRSU,campovolMO,campovolResto})

cadenaAA = "[Sum_CONT_RSU (kg/dia)]/100"

cadenaBB = "[Sum_CONT_MO (kg/dia)]/360"

cadenaCC = "[Sum_CONT_RESTO (kg/dia)]/100"

LaVTablaContene.Calculate(cadenaAA,campovolRSU)

LaVTablaContene.Calculate(cadenaBB,campovolMO)

LaVTablaContene.Calculate(cadenaCC,campovolResto)
```

‘Ahora para cada punto de toma se indicarán el numero, y capacidad, de los contenedores necesarios

```
CampoNumContMO = Field.Make("NUM_CONT_MO",#FIELD_DECIMAL,15,0)

CampoCapContMO=Field.Make("CAP_CONT_MO (litros)",#FIELD_DECIMAL,15,0)

laVTablaContene.AddFields({campoNumContMO,campoCapContMO})

CampoNumContRES = Field.Make("NUM_CONT_RESTO",#FIELD_DECIMAL,15,0)

CampoCapContRES=Field.Make("CAP_CONT_RESTO (litros)",#FIELD_DECIMAL,15,0)

laVTablaContene.AddFields({campoNumContRES,campoCapContRES})

for each reg in laVTablaContene

    elcontMO = laVTablaContene.ReturnValue(campovolMO,reg)
```

```
elcontres = laVTablaContene.ReturnValue(campovolResto,reg)
```

```
elcont = laVTablaContene.ReturnValue(shapecontene,reg)
```

'Ponemos los valores nominales de la fracción de materia orgánica

```
if (elcontMO<1.800) then
```

```
    laVTablaContene.SetValueNumber(campoNumContMO,reg,1)
```

```
    laVTablaContene.SetValueNumber(campoCapContMO,reg,1800)
```

```
end
```

```
if ((elcontMO>1.800)and(elcontMO<2.600)) then
```

```
    laVTablaContene.SetValueNumber(campoNumContMO,reg,1)
```

```
    laVTablaContene.SetValueNumber(campoCapContMO,reg,1800)
```

```
end
```

```
if (elcontMO>2.600) then
```

```
    laVTablaContene.SetValueNumber(campoNumContMO,reg,2)
```

```
    laVTablaContene.SetValueNumber(campoCapContMO,reg,1800)
```

```
end
```

'Ponemos los valores nominales de la fracción de resto

```
if (elcontres<3.200) then
```

```
    laVTablaContene.SetValueNumber(campoNumContres,reg,1)
```

```
    laVTablaContene.SetValueNumber(campoCapContres,reg,3200)
```

end

if ((elcontres>3.200)and(elcontres<6.400)) then

laVTablaContene.SetValueNumber(campoNumContres,reg,1)

laVTablaContene.SetValueNumber(campoCapContres,reg,3200)

end

if ((elcontres>6.400)and(elcontres<9.600)) then

laVTablaContene.SetValueNumber(campoNumContres,reg,2)

laVTablaContene.SetValueNumber(campoCapContres,reg,3200)

end

if ((elcontres>9.600)and(elcontres<12.800)) then

laVTablaContene.SetValueNumber(campoNumContres,reg,3)

laVTablaContene.SetValueNumber(campoCapContres,reg,3200)

end

if (elcontres>12.800) then

laVTablaContene.SetValueNumber(campoNumContres,reg,4)

laVTablaContene.SetValueNumber(campoCapContres,reg,3200)

end

end 'del for

'En último lugar, ponemos las capacidad nominal de cada punto de toma

campoCAPMO = Field.Make("CAP_nom_MO (m3)",#FIELD_DECIMAL,15,3)



```
campoCAPResto = Field.Make("CAP_nom_RESTO (m3)",#FIELD_DECIMAL,15,3)
```

```
laVTablaContene.AddFields({campocapMO,campocapRESTO})
```

```
cadenaXX = "[NUM_CONT_MO]*[CAP_CONT_MO (litros)]"
```

```
cadenaZZ = "[NUM_CONT_RESTO]*[CAP_CONT_RESTO (litros)]"
```

```
LaVTablaContene.Calculate(cadenaXX,campoCAPMO)
```

```
LaVTablaContene.Calculate(cadenaZZ,campoCAPResto)
```

```
laVTablaContene.SetEditable(false)
```

'POR ÚLTIMO

```
av.Getproject.SetModified(true)
```



Anexo 3: Hoja de ruta óptima



Hoja de ruta óptima

Total distance traveled is 17.292,22 m

Starting from Site #1

Turn left onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 71.07 m

Turn right onto C/ Sant Pere

Travel on C/ Sant Pere for 35.43 m

Turn left into Site #7

Starting from Site #7

Turn left onto C/ Sant Pere

Travel on C/ Sant Pere for 35.88 m

Turn right onto C/ Pintor Fortuny

Travel on C/ Pintor Fortuny for 63.04 m

Turn right onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 22.80 m

Turn right into Site #13



Starting from Site #13

Turn right onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 13.57 m

Turn right onto C/ Joaquim Bartrina

Travel on C/ Joaquim Bartrina for 68.61 m

Turn right onto C/ Sant Pere

Travel on C/ Sant Pere for 61.65 m

Turn left into Site #8

Starting from Site #8

Turn left onto C/ Sant Pere

Travel on C/ Sant Pere for 0.00 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 55.88 m

Turn right onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 0.00 m

Turn right into Site #14



Starting from Site #14

Turn left onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 0.00 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 71.60 m

Turn right into Site #17

Starting from Site #17

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 54.68 m

Turn right into Site #110

Starting from Site #110

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 84.89 m

Turn right onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 74.02 m

Turn right into Site #81



Starting from Site #81

Turn right onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 27.09 m

Turn left into Site #79

Starting from Site #79

Turn left onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 59.94 m

Turn left into Site #82

Starting from Site #82

Turn left onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 86.38 m

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 160.76 m

Turn left into Site #84



Starting from Site #84

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 73.52 m

Turn left onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 43.79 m

Turn right into Site #76

Starting from Site #76

Turn right onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 43.18 m

Turn left onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 214.48 m

Continue straight onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 80.98 m

Turn left into Site #98

Starting from Site #98

Turn left onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 12.50 m

Turn left onto C/ Catalunya



Travel on C/ Catalunya for 234.27 m

Turn left onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 0.00 m

Turn right into Site #77

Starting from Site #77

Turn left onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 0.00 m

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 131.70 m

Turn left into Site #85

Starting from Site #85

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 0.00 m

Turn left onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 42.98 m

Turn right into Site #86



Starting from Site #86

Turn right onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 43.38 m

Turn right into Site #87

Starting from Site #87

Turn right onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 0.00 m

Turn left onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 357.55 m

Continue straight onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 7.10 m

Continue straight onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 55.22 m

Turn right into Site #112

Starting from Site #112

Turn right onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 55.22 m

Turn left onto C/ Jaume Casanovas



Travel on C/ Jaume Casanovas for 86.27 m

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 131.42 m

Turn left onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 0.00 m

Turn right into Site #97

Starting from Site #97

Turn left onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 0.00 m

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 56.43 m

Turn left onto C/ Joan Cirera i Pons

Travel on C/ Joan Cirera i Pons for 86.72 m

Turn right into Site #78



Starting from Site #78

Turn right onto C/ Joan Cirera i Pons

Travel on C/ Joan Cirera i Pons for 0.00 m

Turn left onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 55.84 m

Turn right onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 0.00 m

Turn right into Site #80

Starting from Site #80

Turn right onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 33.14 m

Turn right into Site #116

Starting from Site #116

Turn right onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 85.42 m

Turn left into Site #106



Starting from Site #106

Turn left onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 41.46 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 18.55 m

Turn right into Site #107

Starting from Site #107

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 91.32 m

Turn right onto C/ Jaume Casanovas

Travel on C/ Jaume Casanovas for 0.00 m

Turn right into Site #105

Starting from Site #105

Turn right onto C/ Jaume Casanovas

Travel on C/ Jaume Casanovas for 105.59 m

Turn right onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 37.54 m

Turn left into Site #102



Starting from Site #102

Turn right onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 37.54 m

Turn left onto C/ Jaume Casanovas

Travel on C/ Jaume Casanovas for 0.00 m

Turn right into Site #113

Starting from Site #113

Turn right onto C/ Jaume Casanovas

Travel on C/ Jaume Casanovas for 41.51 m

Turn left onto C/ Travessia del Canal

Travel on C/ Travessia del Canal for 0.00 m

Turn left into Site #104

Starting from Site #104

Turn right onto C/ Travessia del Canal

Travel on C/ Travessia del Canal for 0.00 m

Turn left onto C/ Jaume Casanovas

Travel on C/ Jaume Casanovas for 77.34 m

Turn left into Site #114



Starting from Site #114

Turn left onto C/ Jaume Casanovas

Travel on C/ Jaume Casanovas for 91.47 m

Turn left onto C/ Narcis Monturiol

Travel on C/ Narcis Monturiol for 0.00 m

Turn left into Site #108

Starting from Site #108

Turn right onto C/ Narcis Monturiol

Travel on C/ Narcis Monturiol for 0.00 m

Turn left onto C/ Jaume Casanovas

Travel on C/ Jaume Casanovas for 76.34 m

Turn left into Site #109

Starting from Site #109

Turn left onto C/ Jaume Casanovas

Travel on C/ Jaume Casanovas for 86.27 m

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 0.00 m

Turn left into Site #99



Starting from Site #99

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 61.00 m

Turn left into Site #100

Starting from Site #100

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 131.81 m

Turn left into Site #83

Starting from Site #83

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 60.72 m

Turn left onto C/ Castella

Travel on C/ Castella for 0.00 m

Turn right into Site #75



Starting from Site #75

Turn right onto C/ Castella

Travel on C/ Castella for 45.66 m

Turn right into Site #115

Starting from Site #115

Turn right onto C/ Castella

Travel on C/ Castella for 40.71 m

Turn right into Site #73

Starting from Site #73

Turn left onto C/ Castella

Travel on C/ Castella for 0.00 m

Turn right onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 119.48 m

Turn right onto C/ Coronel Sanfeliu

Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 74.36 m

Turn right onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 58.10 m

Turn left into Site #89



Starting from Site #89

Turn left onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 58.10 m

Turn left onto C/ Castella

Travel on C/ Castella for 0.00 m

Turn right into Site #71

Starting from Site #71

Turn left onto C/ Castella

Travel on C/ Castella for 0.00 m

Turn left onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 90.09 m

Turn left onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 0.00 m

Turn right into Site #72

Starting from Site #72

Turn left onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 0.00 m

Turn left onto C/ Industries



Travel on C/ Industries for 49.98 m

Turn left into Site #91

Starting from Site #91

Turn left onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 49.98 m

Turn left into Site #92

Starting from Site #92

Turn left onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 51.49 m

Turn left into Site #90

Starting from Site #90

Turn left onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 0.00 m

Turn left onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 88.39 m

Turn right into Site #9



Starting from Site #9

Turn left onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 0.00 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 58.56 m

Turn right into Site #11

Starting from Site #11

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 391.76 m

Turn left into Site #111

Starting from Site #111

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 54.82 m

Turn left onto C/ Castella

Travel on C/ Castella for 15.75 m

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 200.69 m

Turn right onto C/ Jaume Casanovas



Travel on C/ Jaume Casanovas for 105.59 m

Turn right onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 108.05 m

Turn left into Site #103

Starting from Site #103

Turn left onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 70.51 m

Turn left into Site #3

Starting from Site #3

Turn left onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 127.52 m

Turn left into Site #2

Starting from Site #2

Turn left onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 58.97 m

Turn left into Site #4



Starting from Site #4

Turn left onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 133.27 m

Turn left into Site #5

Starting from Site #5

Turn left onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 82.56 m

Turn left into Site #18

Starting from Site #18

Turn left onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 0.00 m

Turn right onto C/ Marina

Travel on C/ Marina for 84.46 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 26.22 m

Turn left into Site #19



Starting from Site #19

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 59.62 m

Turn right into Site #20

Starting from Site #20

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 247.61 m

Turn right onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 64.00 m

Turn right onto C/ Joaquim Bartrina

Travel on C/ Joaquim Bartrina for 127.44 m

Turn left into Site #12

Starting from Site #12

Turn left onto C/ Joaquim Bartrina

Travel on C/ Joaquim Bartrina for 58.83 m

Turn left onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 0.00 m



Turn right into Site #6

Starting from Site #6

Turn right onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 34.29 m

Turn right onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 156.87 m

Turn right onto C/ Marina

Travel on C/ Marina for 84.46 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 34.87 m

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 67.55 m

Turn left onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 7.81 m

Turn left onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 17.53 m

Turn right into Site #50



Starting from Site #50

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 49.88 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 31.54 m

Turn right onto C/ Marina

Travel on C/ Marina for 12.42 m

Turn right into Site #28

Starting from Site #28

Turn right onto C/ Marina

Travel on C/ Marina for 85.32 m

Turn right into Site #27

Starting from Site #27

Turn right onto C/ Marina

Travel on C/ Marina for 73.50 m

Turn left onto C/ Gaiter del Llobregat

Travel on C/ Gaiter del Llobregat for 7.78 m

Turn left onto C/ Marina



Travel on C/ Marina for 171.78 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 34.87 m

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 23.00 m

Turn left into Site #49

Starting from Site #49

Turn left onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 130.69 m

Turn left into Site #51

Starting from Site #51

Turn left onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 56.38 m

Turn left into Site #53

Starting from Site #53

Turn left onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 28.29 m



Turn left into Site #54

Starting from Site #54

Turn left onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 109.83 m

Continue straight onto C/ Ciutat de Hospitalet

Travel on C/ Ciutat de Hospitalet for 54.71 m

Turn left into Site #59

Starting from Site #59

Turn left onto C/ Ciutat de Hospitalet

Travel on C/ Ciutat de Hospitalet for 0.00 m

Continue straight onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 68.50 m

Turn left onto C/ Passatge L'Hospitalet

Travel on C/ Passatge L'Hospitalet for 7.42 m

Turn left onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 86.29 m

Turn right onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 0.00 m



Turn left into Site #58

Starting from Site #58

Turn left onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 81.30 m

Continue straight onto C/ Ciutat de Hospitalet

Travel on C/ Ciutat de Hospitalet for 10.86 m

Continue straight onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 55.71 m

Turn left into Site #42

Starting from Site #42

Turn left onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 55.71 m

Turn left into Site #41

Starting from Site #41

Turn left onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 57.62 m

Turn left into Site #45



Starting from Site #45

Turn left onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 57.62 m

Turn left onto C/ Joan Olive

Travel on C/ Joan Olive for 127.91 m

Turn right into Site #60

Starting from Site #60

Turn right onto C/ Joan Olive

Travel on C/ Joan Olive for 26.62 m

Turn right onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 33.11 m

Turn right onto C/ Joan Olive

Travel on C/ Joan Olive for 68.54 m

Turn right into Site #66

Starting from Site #66

Turn right onto C/ Joan Olive

Travel on C/ Joan Olive for 66.52 m



Turn right into Site #65

Starting from Site #65

Turn right onto C/ Joan Olive

Travel on C/ Joan Olive for 66.52 m

Turn right onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 10.48 m

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 22.93 m

Continue straight onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 28.70 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 246.09 m

Turn right into Site #29

Starting from Site #29

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 67.37 m

Turn right onto C/ Marina

Travel on C/ Marina for 97.74 m



Turn right onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 112.85 m

Turn left into Site #23

Starting from Site #23

Turn left onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 203.48 m

Turn left onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 0.00 m

Turn right into Site #26

Starting from Site #26

Turn left onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 103.74 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 0.00 m

Turn right into Site #34



Starting from Site #34

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 56.22 m

Turn right into Site #35

Starting from Site #35

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 71.93 m

Turn left onto C/ Sarajevo

Travel on C/ Sarajevo for 15.31 m

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 15.94 m

Turn left into Site #33

Starting from Site #33

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 55.98 m

Turn left into Site #36



Starting from Site #36

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 55.98 m

Turn right onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 13.63 m

Continue straight onto C/ Joan Olive

Travel on C/ Joan Olive for 0.00 m

Turn left into Site #64

Starting from Site #64

Turn right onto C/ Joan Olive

Travel on C/ Joan Olive for 0.00 m

Turn right onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 10.48 m

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 22.93 m

Continue straight onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 28.70 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 128.14 m



Turn left onto C/ Sarajevo

Travel on C/ Sarajevo for 15.31 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 59.86 m

Turn right into Site #32

Starting from Site #32

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 58.10 m

Turn right into Site #31

Starting from Site #31

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 58.10 m

Turn right into Site #30

Starting from Site #30

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 22.15 m

Turn right onto C/ Marina



Travel on C/ Marina for 97.74 m

Turn right onto C/ Pau Casals

Travel on C/ Pau Casals for 316.33 m

Turn left onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 65.08 m

Turn right into Site #25

Starting from Site #25

Turn right onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 76.95 m

Turn right into Site #24

Starting from Site #24

Turn right onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 0.00 m

Turn right onto C/ Gaiter del Llobregat

Travel on C/ Gaiter del Llobregat for 94.52 m

Continue straight onto C/ De les Moreres

Travel on C/ De les Moreres for 222.46 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat



Travel on C/ Verge de Montserrat for 56.84 m

Turn right onto C/ De les Moreres

Travel on C/ De les Moreres for 134.94 m

Turn left into Site #101

Starting from Site #101

Turn right onto C/ De les Moreres

Travel on C/ De les Moreres for 134.94 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 191.16 m

Turn right onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 28.70 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 128.14 m

Turn left onto C/ Sarajevo

Travel on C/ Sarajevo for 15.31 m

Continue straight onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 14.94 m

Turn left into Site #67



Starting from Site #67

Turn left onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 126.69 m

Turn left into Site #68

Starting from Site #68

Turn left onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 72.96 m

Turn right onto C/ Miquel Martí Pol

Travel on C/ Miquel Martí Pol for 88.58 m

Continue straight onto C/ Miquel Martí Pol

Travel on C/ Miquel Martí Pol for 18.93 m

Continue straight onto C/ Joan Miro

Travel on C/ Joan Miro for 19.75 m

Turn left into Site #37

Starting from Site #37

Turn left onto C/ Joan Miro

Travel on C/ Joan Miro for 140.21 m



Turn left onto C/ Ciutat de Hospitalet

Travel on C/ Ciutat de Hospitalet for 10.86 m

Turn left onto C/ Joan Miro

Travel on C/ Joan Miro for 84.90 m

Turn right into Site #40

Starting from Site #40

Turn right onto C/ Joan Miro

Travel on C/ Joan Miro for 74.64 m

Continue straight onto C/ Miquel Marti Pol

Travel on C/ Miquel Marti Pol for 32.88 m

Continue straight onto C/ Joan Miro

Travel on C/ Joan Miro for 74.74 m

Turn left into Site #39

Starting from Site #39

Turn left onto C/ Joan Miro

Travel on C/ Joan Miro for 74.74 m

Turn left into Site #38



Starting from Site #38

Turn left onto C/ Joan Miro

Travel on C/ Joan Miro for 10.47 m

Turn left onto C/ Ciutat de Hospitalet

Travel on C/ Ciutat de Hospitalet for 10.86 m

Continue straight onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 111.41 m

Turn left onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 83.22 m

Turn right into Site #44

Starting from Site #44

Turn right onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 57.40 m

Turn right into Site #43

Starting from Site #43

Turn right onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 15.75 m



Turn right onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 129.50 m

Turn left onto C/ Joan Olive

Travel on C/ Joan Olive for 201.59 m

Turn right onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 10.48 m

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 22.93 m

Continue straight onto C/ Pare Andreu de Palma

Travel on C/ Pare Andreu de Palma for 28.70 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 128.14 m

Turn left onto C/ Sarajevo

Travel on C/ Sarajevo for 15.31 m

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 15.94 m

Turn right onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 70.86 m

Turn left into Site #69



Starting from Site #69

Turn left onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 70.86 m

Turn left into Site #70

Starting from Site #70

Turn left onto C/ Av. de la Llibertat

Travel on C/ Av. de la Llibertat for 73.00 m

Turn right onto C/ Miuqel Marti Pol

Travel on C/ Miuqel Marti Pol for 15.51 m

Turn left onto C/ Miquel Marti Pol

Travel on C/ Miquel Marti Pol for 16.47 m

Turn left onto C/ Miuqel Marti Pol

Travel on C/ Miuqel Marti Pol for 11.08 m

Turn left into Site #46

Starting from Site #46

Turn left onto C/ Miuqel Marti Pol

Travel on C/ Miuqel Marti Pol for 11.45 m



Continue straight onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 53.65 m

Turn left into Site #62

Starting from Site #62

Turn left onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 53.65 m

Turn left into Site #61

Starting from Site #61

Turn left onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 65.76 m

Turn right into Site #63

Starting from Site #63

Turn right onto C/ Pablo Neruda

Travel on C/ Pablo Neruda for 63.27 m

Continue straight onto C/ Miquel Martí Pol

Travel on C/ Miquel Martí Pol for 15.51 m

Turn right into Site #48



Starting from Site #48

Turn right onto C/ Miquel Martí Pol

Travel on C/ Miquel Martí Pol for 88.58 m

Turn right into Site #47

Starting from Site #47

Turn right onto C/ Miquel Martí Pol

Travel on C/ Miquel Martí Pol for 0.00 m

Continue straight onto C/ Miquel Martí Pol

Travel on C/ Miquel Martí Pol for 51.91 m

Turn left into Site #55

Starting from Site #55

Turn left onto C/ Miquel Martí Pol

Travel on C/ Miquel Martí Pol for 43.56 m

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 55.70 m

Turn left onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 521.69 m

Continue straight onto C/ Coronel Sanfeliu



Travel on C/ Coronel Sanfeliu for 93.48 m

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 469.53 m

Turn left into Site #96

Starting from Site #96

Turn left onto C/ Catalunya

Travel on C/ Catalunya for 53.35 m

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 109.83 m

Turn left onto C/ Lleida

Travel on C/ Lleida for 7.54 m

Turn left onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 0.00 m

Turn right into Site #57

Starting from Site #57

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 59.68 m

Turn right into Site #56



Starting from Site #56

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 187.10 m

Turn right into Site #52

Starting from Site #52

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 32.36 m

Turn left onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 7.81 m

Turn left onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 86.15 m

Turn right onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 79.03 m

Turn left into Site #93



Starting from Site #93

Turn left onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 149.02 m

Turn right into Site #88

Starting from Site #88

Turn right onto C/ Barcelona

Travel on C/ Barcelona for 71.53 m

Turn right onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 0.00 m

Turn right into Site #74

Starting from Site #74

Turn right onto C/ Frederic Soler

Travel on C/ Frederic Soler for 162.71 m

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 55.99 m

Turn left into Site #15



Starting from Site #15

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 55.99 m

Turn left into Site #16

Starting from Site #16

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 206.28 m

Turn left into Site #21

Starting from Site #21

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 10.91 m

Turn right onto C/ Carretera Marina

Travel on C/ Carretera Marina for 67.55 m

Turn right onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 53.38 m

Turn right into Site #95



Starting from Site #95

Turn right onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 51.81 m

Turn right into Site #94

Starting from Site #94

Turn right onto C/ Industries

Travel on C/ Industries for 51.81 m

Turn right onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 73.27 m

Turn right into Site #10

Starting from Site #10

Turn left onto C/ Enric Morera

Travel on C/ Enric Morera for 0.00 m

Turn left onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 43.25 m

Turn right into Site #22



Starting from Site #22

Turn right onto C/ Verge de Montserrat

Travel on C/ Verge de Montserrat for 65.49 m

Turn right into Site #117



Anexo 4: Bibliografía

Bibliografía

- Ayuntamiento del Prat de Llobregat (2009), Pliego de condiciones técnicas para la concesión de la gestión de servicio público, de limpieza del espacio público y recogida de residuos.
- Ayuntamiento del Prat de Llobregat (2009), Datos estadísticos de la población a fecha 1 de enero de 2009.
- Agencia de Residuos de Cataluña (2007), Programa de Gestió de Residus Municipals de Catalunya (PROGREMIC 2007-2012).
- Jose Manuel Llamas Labella (1996), Gestión de Residuos Sólidos Urbanos. Fundación Esculapio.
- Área Metropolitana de Barcelona (2007), Dades Ambientals Metropolitanes 2007.
- Joaquín Bosque Sendra (1997), Sistemas de Información Geográfica. 2ª edición. Ed. Rialp, Madrid.
- Sonia Carretero Antón y Nieves Lantada Zarzosa (2000), Programando con Avenue.
- ESRI (1996), Avenue. Customization and Application Development for ArcView. Ed. ESRI. Redlands (EE.UU.).
- ESRI (1996), ArcView GIS. The Geographic Information System for Everyone. Ed. ESRI.Redlands (EE.UU.).
- ESRI (1996), ArcView Network Analyst. Optimum Routing, Closest Facility and Service. Area Analyst. Ed. ESRI. Redlands (EE.UU.).
- ESRI (1996), ArcView Spatial Analyst. Advanced Spatial Analysis Usig Raster and Vector Data. Ed. ESRI. Redlands (EE.UU.)



- <http://www.arc.cat> (Web de la Agencia de Residuos de Cataluña)
- <http://www.elprat.cat/> (Web del Ayuntamiento del Prat de Llobregat)
- <http://www.amb.es/web/directorio/inici> (Web del Área Metropolitana de Barcelona)
- <http://www.esri.com/> (Web de la empresa Esri)
- <http://www.gabrielortiz.com/> (Web dedicada a temas relacionados con SIG)



Anexo 5: Agradecimientos

Agradecimientos

Quisiéramos agradecer la colaboración a todas las personas, por toda la información, atención, apoyo y nuevas ideas que nos han aportado. Como no podemos nombrar a todos, si quisiéramos reconocer específicamente el valor a algunos de ellos:

En primer lugar deseamos agradecer a Mar y Silvia, por su paciencia, cariño y apoyo durante la realización del presente proyecto. Y por supuesto al resto de nuestra familia y amigos, porque siempre creyeron en nosotros.

A nuestra tutora Mercedes Sanz, por hacerlo posible.

A Nieves Lantada y Juan Carlos Gonzalez, por su colaboración en el proyecto en momentos de oscuridad en el amplio mundo de la programación.

Al departamento técnico de Urbaser, por facilitarnos tanto el trabajo.

A todos los profesores de la Universidad, que han hecho posible alcanzar un nivel de conocimientos técnicos necesarios para la realización del proyecto.

Y a todos aquellos que olvidamos nombrar.

A todos ellos GRACIAS.



Anexo 6: Estructura del CD

El CD contiene toda la información digital del presente proyecto. Para una mejor comprensión de la información pasamos a detallar su contenido:

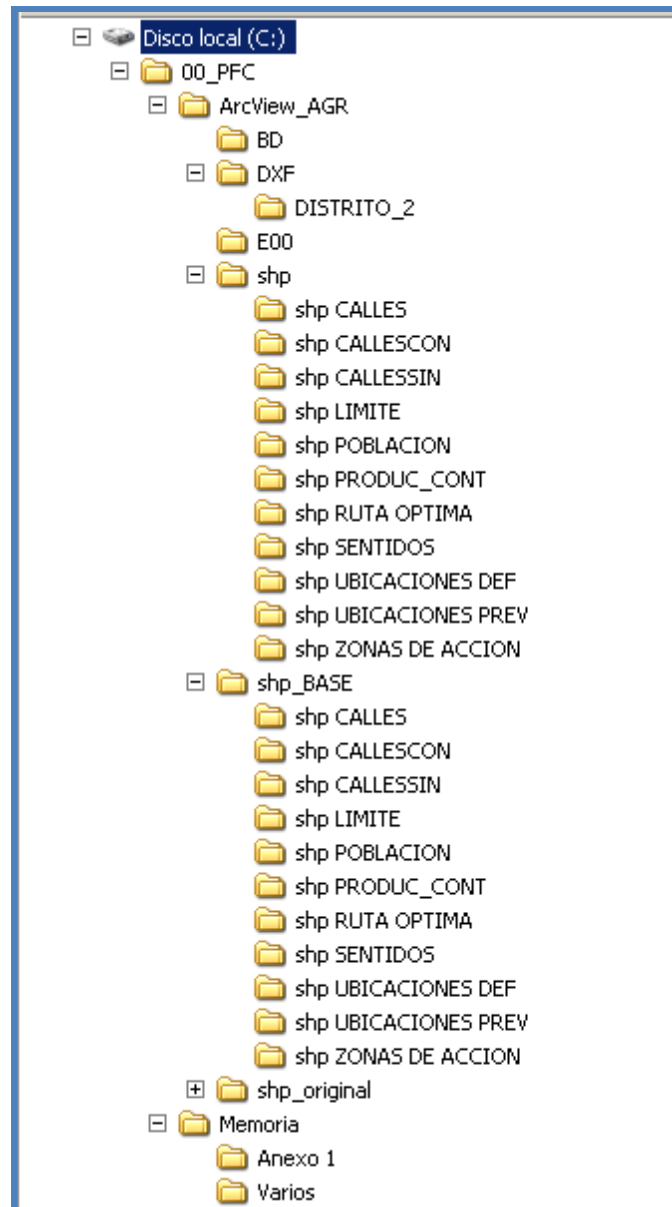


Figura 18 : Estructura del CD

Es importante que para un buen funcionamiento de la aplicación se mantenga la estructura de directorios. Para ello, copiar el contenido del CD en C:

ARCVIEW_AGR (Aplicación par la Gestión de Residuos)

Contiene la aplicación desarrollada, así como la estructura de carpetas para un buen funcionamiento de esta.

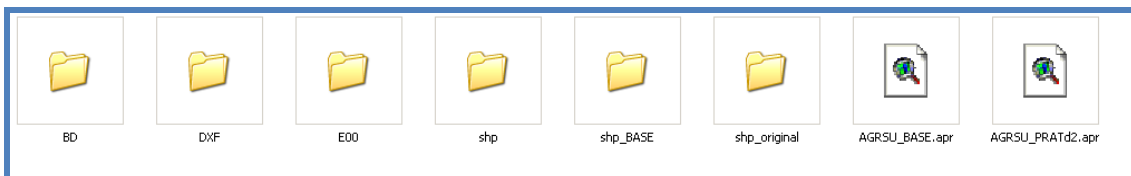


Figura 19 : Directorio ARCVIEW_AGR

- **AGRSU_BASE.apr:** Aplicación modelo para un nuevo desarrollo según procedimiento explicado en la memoria.
- **AGRSU_PRATd2.apr:** Aplicación desarrollada en el distrito 2 del Prat de Llobregat.
- **BD:** Bases de datos alfanuméricas en formato DBF y TXT.
- **DXF:** Archivos CAD.
- **E00:** Coberturas topológicas.
- **SHP:** Directorio de temas relacionados con la aplicación *AGRSU_PRATd2.apr*
- **SHP_BASE:** Directorio de temas relacionados con la aplicación *AGRSU_BASE.apr*
- **SHP_ORIGINAL:** Directorio de seguridad que contiene los temas del proyecto sin modificar por la aplicación.

MEMORIA

Contiene los archivos correspondientes a la memoria en formato .DOC y .PDF.