



Planificación de recogida y flujo de residuos sólidos (de construcción y demolición, hormigón, cerámica y otros) mediante la utilización de una herramienta informatizada para su gestión sostenible

E. GARZÓN^a, P. J. SÁNCHEZ-SOTO^b

^aDepartamento de Ingeniería Rural, Universidad de Almería, La Cañada de San Urbano s/n, 04120-Almería

^bInstituto de Ciencia de Materiales de Sevilla (ICMS), centro mixto Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)-Universidad de Sevilla (US), c/ Américo Vespucio 49, 41092- Sevilla

Se presenta un procedimiento para la planificación de recogida y flujo de los residuos sólidos (de construcción y demolición, hormigón, cerámica, vidrio y otros) basado en la utilización de una herramienta informatizada, para conseguir una optimización de su gestión. Dicho procedimiento parte de normativa establecida según un Plan Director Territorial de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) aprobado en una Comunidad Autónoma, en este caso se particulariza a la de Andalucía, tomando como ejemplo el volumen de residuos que se producen en una colectividad de tamaño medio (provincia de Almería), siendo extensible a otras mayores en población y territorio, disponiendo de datos actualizados.

El procedimiento utiliza una herramienta informática de gran difusión en el mundo, como es Google Earth y, de este modo, genera un número de "Centros de Transferencia" con objeto de minimizar el gasto de transporte, partiendo de una premisa previa en cuanto a distancia entre núcleos poblacionales y centros de tratamiento. Los Centros generados con la aplicación del procedimiento se pueden visualizar en un mapa topográfico, con áreas de influencia y vías de acceso a los mismos y se le pueden asociar una serie de datos tabulados con información adicional de utilidad. El procedimiento propuesto se va retroalimentando de manera constante con datos reales e información de campo, permitiendo a las empresas que producen residuos de distinta tipología como son los residuos de construcción y demolición principalmente, pero también hormigón, cerámica, vidrio, mezclas de todos ellos, residuos clasificados como peligrosos e incluso de otros materiales, a la propia administración y a la sociedad, en general, conocer las tasas de cada planta de tratamiento y qué se hace con los residuos entregados para contribuir a la reducción del impacto medioambiental de los mismos y a su gestión sostenible.

Palabras clave: procedimiento, planificación, gestión sostenible, optimización, residuos sólidos, construcción, hormigón, cerámica, herramienta informatizada, transferencia, medio ambiente.

1. INTRODUCCIÓN

El problema de los residuos sólidos sigue estando vigente y en auge cada vez más debido a su impacto en el medio ambiente y a la preocupación y concienciación, a distintos niveles socio-políticos, de qué se hace (o se está haciendo) y se debe hacer con ellos para una gestión más sostenible. Así, a nivel europeo, la normativa aplicable a los residuos de construcción viene dada por dos Directivas: la Directiva 1999/31/CE, de Vertido de Residuos y la Directiva 2008/98/CE, de Residuos.

Sin embargo, a nivel nacional la normativa es mucho más amplia [1], como se detalla a continuación: 1) Ley 11/1997 de 24 de Abril, de *Envases y Residuos de Envases*; 2) Ley 10/1998 de 21 de Abril, de *Residuos*; 3) Real Decreto 833/1988 de 20 de Julio, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986, Básica de *Residuos Tóxicos y Peligrosos*; 4) Real Decreto 952/1997 de 20 de Junio, por el que se modifica el Reglamento para la ejecución de la Ley 20/1986; 5) Real Decreto 1481/2001 de 27 de Diciembre de 2001, por el que se

regula la *Eliminación de Residuos mediante Depósito a Vertedero*; 6) el Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los *residuos de construcción y demolición* 7) Real Decreto 1304/2009 de 31 de Julio de 2009, por el que se modifica el Real Decreto 1481/2001; 8) Orden MAM 304/2002 de 8 de Febrero, por la que se publican las operaciones de *valorización y eliminación de residuos* y la lista europea de residuos (L.E.R.); y por último y más reciente, un Plan Nacional, en concreto 9), Plan Nacional Integrado de *Residuos* para el periodo 2008-2015.

Desde las últimas décadas también se han venido desarrollando a nivel de Comunidades Autónomas distintas normativas. En particular, para la Comunidad Autónoma de Andalucía, se señalan las siguientes: 1) Ley 7/2007, de 9 de Julio, de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental; 2) Decreto 283/95, de 21 de Noviembre, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de la CC.AA de Andalucía; 3) Decreto 218/99, por el que se aprueba el Plan Director Territorial de la

Gestión de RSU de Andalucía y 4) Orden 104/00, por la que se regulan las autorizaciones administrativas de las actividades de valorización y eliminación de residuos y la gestión de los plásticos agrícolas.

A un nivel provincial sólo se ha elaborado el Plan Director de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD's) para la provincia de Almería, en concreto en enero de 2010. Por último, dentro del ámbito local para esta provincia, sólo tres municipios tienen aprobada una ordenanza sobre la gestión de los residuos, siendo en orden cronológico: (I) **Almería**: Aprobación Inicial de Ordenanza sobre Gestión Medioambiental de Residuos Inertes (6 de Abril de 2004); (II) **Víator**: Aprobación Definitiva de Ordenanza sobre Gestión Ambiental de Residuos de Construcción y Demolición (4 de Abril de 2006) y (III) **Carboneras**: Aprobación de Ordenanza Municipal de Residuos de la Construcción y Demolición del Ayuntamiento de Carboneras (28 de Septiembre de 2008).

El Real Decreto 105/2008, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición, se encuentra en una situación que se puede calificar como de "stand-by", debido por una parte al muy bajo número de obras, producto de la coyuntura de crisis actual, y del escaso volumen que han obtenido licencia al amparo de dicho decreto; y, por otra, a las obras que se encuentran en marcha lo hacen a ritmo lento, si no están paradas por motivos económicos que tiene su origen en una falta de financiación, aunque todas ellas obtuvieron licencia antes de la entrada en vigor del mencionado Real Decreto.

De igual forma, en la misma provincia de Almería existen gran número de vertederos incontrolados, según el Plan Director de Gestión de RCD's de Almería (PDG de RCD's). Se estima en algo más de 150 vertederos incontrolados de residuos con diversas tipologías, un número a todas luces impresionante para dicha provincia. Además, se da el caso incluso de transportistas no autorizados de estos residuos, otra realidad que acompaña a este tipo de vertederos.

Una vez expuesto todo lo anterior, para una planificación de una red de RCD's es necesaria una cuantificación de los mismos. Con el panorama socioeconómico actual resulta difícil encontrar el método más fiable. Teniendo en cuenta el mismo Plan Director de Gestión de RCD's en Almería, se pueden aplicar varias metodologías:

1. Según actividad económica de los años precedentes: a partir del VAB (valor añadido en bruto de la construcción), comparable proporcionalmente con el levante español (**Comunidad Valenciana** 1.723.729 Toneladas para 2008. y **Cataluña** 1.161.740 Toneladas para 2008).
2. Según la población (hab.= habitantes): En este caso se utiliza las ratios del Plan Director Territorial de la Gestión de RSU de **Andalucía** (6 Kg/hab./día para municipios con más de 5.000 hab., 4 Kg/hab./día para municipios con más de 2.000 hab. y 3 Kg/hab./día para municipios con menos de 2.000 hab.). Esto hace que para el año 2008 hubiese una previsión de 1.368.951 Toneladas.
3. Según licencias de obra y de demolición: los datos son los facilitados por el **Ministerio de Fomento** que, a su vez, son los facilitados por los Ayuntamientos. La escasa cumplimentación de estos cuestionarios de estadística del Ministerio de Fomento en cada licencia municipal de obra solicitada y otorgada, hace que los resultados sean más bajos de lo esperado. De acuerdo con estos datos y

utilizando las ratios del **Programa de Gestión de Residuos de la Construcción de Cataluña** (PROGROC) 2007-2012, se estima entonces una cantidad de 141.595 Toneladas, cercano al 10 % de lo esperado.

4. Atendiendo al parque de viviendas y sectores geográficos: estos métodos se descartan por sus valores poco precisos.

Como ejemplo más cercano, los datos disponibles en la actualidad en relación a "zonas de acopio de RCD's" particularizadas a la provincia de Almería son los siguientes: Técnicas Medioambientales Avanzadas S.L. (La Mojonera), Reciclados Almerienses 2005 S.L. (Almería), Alcaráz y Cano S.L. (Pulpí), Sorbas, y Tabernas, cinco en total. Todos estos puntos se hacen insuficientes para cubrir todas las necesidades a lo largo de una zona geográfica como es la almeriense.

También ha de mencionarse que, según el PDG de RCD's de Almería, la mayoría de los municipios no dispone de espacio de recogida, ni de empresarios que acepten la empresa de gestión.

Por otra parte, es importante disponer de herramientas eficaces a la hora de abordar distintas fases de investigación sobre materiales, en particular las materias primas de interés para el sector de la Cerámica y del Vidrio, en cuanto a prospección y caracterización, línea en la que se ha venido trabajando en los últimos años [2-5]. Asimismo, es de destacar avances muy recientes de utilización de herramientas de gestión ambiental que mejor se acoplan a los minerales de interés como materias primas en la industria Cerámica y del Vidrio [6].

En función de todo lo anteriormente expuesto, se hace necesario la creación de nuevos métodos de organización y/o procedimientos como herramientas de trabajo que permitan una gestión mucho más eficiente de los RCD's y otros de diversa tipología generados en un territorio dado, como es una provincia de tamaño medio y que pueda ser extensible a otras de la península. En este caso, se ha aplicado tomando como base los datos disponibles para la provincia de Almería. Además, muy importante, se deben tener en cuenta: (1) el mínimo impacto medioambiental y (2) el incremento en el aprovechamiento de los residuos que contribuyan a su gestión más sostenible. Con estos objetivos se ha elaborado el presente artículo.

2. METODOLOGÍA: DESCRIPCIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y EJEMPLO

Como ejemplo de metodología a seguir en cuanto a volumen de residuos que se producen en una colectividad o población en un caso práctico, próximo y real, se parte del censo de la provincia de Almería que corresponde al año 2009 (según datos de la Junta de Andalucía extraído de los datos existentes en su página "web" oficial) [7]. De ahí se ha obtenido la **tabla 1** donde se encuentran los 102 municipios, con su correspondiente censo del año 2009. Se trata de una colectividad de tamaño medio. Para mayor claridad, se presentan los resultados diferenciando (en tres colores) los municipios de menos de 2.000 habitantes, los de más de 2.000 habitantes y los de más de 5.000 habitantes.

Partiendo de las ratios dadas por el **Plan Director Territorial de la Gestión de RSU de Andalucía**, que son 6 Kg/hab./día para municipios con mas de 5.000 hab., 4 Kg./

hab./día para municipios con más de 2.000 hab., 3 Kg./hab./día para municipios con menos de 2.000 hab., en la misma **tabla 1** se ha obtenido la cantidad de RCD's para cada municipio. También en dicha **tabla 1** se han incluido las cantidades de residuos de distintas tipologías (residuos sólidos de construcción y demolición, RCD's, hormigón, HGON, Cerámica, CER, Mezclas, MEZ, yeso, YEZ, Metales, MET, Madera, MAD, Plástico, PLAS, Cartón, CART, así como los clasificados como Peligrosos, PELI), obtenidos para cada municipio aplicando el PROGROC 2007-2012 ya mencionado. Estos datos se disponen así para tener una previsión a la hora de dimensionar cualquier centro de Transferencia y de Transformación.

Seguidamente, sobre el mapa del territorio que se trata según los datos cartográficos disponibles [8], en este caso aplicado a la geografía almeriense, se señalan los puntos de recogida ya existentes de RCD. Partiendo de estos puntos y con una distancia por carretera no mucho mayor de 25 Km., se marcan todos los núcleos-área de influencia de estos puntos de recogida. Estos puntos se llevan a una nueva tabla de datos (**tabla 2**), cuantificando los valores unificados de población, cantidad total de residuos, así como, las cantidades de cada tipo de éstos. Se indica como premisa los 25 Km al centro de tratamiento para cumplir con una condición tal que los gastos de transporte sean mínimos, ya que con una distancia mayor el coste de transporte sería entonces más elevado.

Como se verá en el siguiente apartado, el procedimiento así aplicado crea o genera un número determinado de nuevos Centros; en este caso del ejemplo práctico, el número que resulta es de diecisiete. Se cumple, en todos los casos, la premisa anterior, aunque es necesario indicar que en algunos centros la distancia real de algunos núcleos poblacionales es algo mayor. No obstante, se trata de núcleos poblacionales muy pequeños, del orden de 8-10 habitantes.

De la misma forma se llevan los puntos a la herramienta informática Google Earth creando un fichero *ex-profeso*. Se señalan entonces todos los puntos y se completan con ventanas de información adicionales. En un principio, en estas ventanas se colocan las coordenadas globales, todos los núcleos de población cercanos con la vía a utilizar y su distancia correspondiente. Se incluye así un cuadro de los tipos de RCD's con las cantidades correspondientes que se estiman que se pueden almacenar en un año, atendiendo a la población en cómputo anual. En este caso particular del ejemplo descrito, se trata del año 2009 al haber partido de los datos que se dispone y que corresponden a esa anualidad, asociado a este punto de recogida.

Por último, se pueden asociar fotografías del Centro y/o esquemas para una mejor identificación y se marcan, con líneas de distinto color, las carreteras de acceso a los puntos de recogida para que, de una manera gráfica, se destaquen las áreas de influencia de los mismos.

3. RESULTADOS OBTENIDOS DE APLICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO Y DISCUSIÓN

En la **tabla 1** se presentan los residuos totales y las cantidades de los diferentes residuos calculados según el Plan Director Territorial de la gestión de RSU de Andalucía. Estos residuos son de distinta tipología, clasificándose como se ha mencionado anteriormente en residuos sólidos de construcción y demolición, RCD's, hormigón, HGON, Cerámica, CER, Mezclas, MEZ, yeso, YEZ, Metales, MET, Madera, MAD, Plástico, PLAS, Cartón, CART, así como los clasificados como Peligrosos, PELI. Se puede observar que el mayor volumen de residuos se va a generar en la capital, como se esperaba, el área de poniente y el área costera del levante almeriense.

TABLA 1: VOLUMEN DE RESIDUOS GENERADOS EN CADA MUNICIPIO SEGÚN EL PLAN DIRECTOR TERRITORIAL DE LA GESTIÓN DE RSU DE ANDALUCÍA.

| MUNICIPIO | Hab. | RCD's | HGON | CERA | MEZ | YESO | META | MADE | PLAS | CART | PELI |
|-------------------------|---------|-----------|-----------|-----------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|--------|
| ABLA_13 | 1.504 | 1646,88 | 713,76 | 717,05 | 6,09 | 76,91 | 12,68 | 70,98 | 30,96 | 16,30 | 2,14 |
| ABRUCENA_13 | 1.341 | 1468,40 | 636,40 | 639,34 | 5,43 | 68,57 | 11,31 | 63,29 | 27,61 | 14,54 | 1,91 |
| ADRA_1 | 24.373 | 53376,87 | 23133,54 | 23240,29 | 197,49 | 2492,70 | 411,00 | 2300,54 | 1003,49 | 528,43 | 69,39 |
| ALBANCHEZ_10 | 815 | 892,43 | 386,78 | 388,56 | 3,30 | 41,68 | 6,87 | 38,46 | 16,78 | 8,84 | 1,16 |
| ALBOLODUY_16 | 674 | 738,03 | 319,86 | 321,34 | 2,73 | 34,47 | 5,68 | 31,81 | 13,87 | 7,31 | 0,96 |
| ALBOX_10 | 11.178 | 24479,82 | 10609,55 | 10658,51 | 90,58 | 1143,21 | 188,49 | 1055,08 | 460,22 | 242,35 | 31,82 |
| ALCOLEA_17 | 908 | 994,26 | 430,91 | 432,90 | 3,68 | 46,43 | 7,66 | 42,85 | 18,69 | 9,84 | 1,29 |
| ALCONTAR_12 | 603 | 660,29 | 286,17 | 287,49 | 2,44 | 30,84 | 5,08 | 28,46 | 12,41 | 6,54 | 0,86 |
| ALCUDIA DE MONTEAGUD_11 | 141 | 154,40 | 66,91 | 67,22 | 0,57 | 7,21 | 1,19 | 6,65 | 2,90 | 1,53 | 0,20 |
| ALHABIA_16 | 724 | 792,78 | 343,59 | 345,18 | 2,93 | 37,02 | 6,10 | 34,17 | 14,90 | 7,85 | 1,03 |
| ALHAMA DE ALMERIA_16 | 3.779 | 8276,01 | 3586,82 | 3603,37 | 30,62 | 386,49 | 63,73 | 356,70 | 155,59 | 81,93 | 10,76 |
| ALICUN_16 | 254 | 278,13 | 120,54 | 121,10 | 1,03 | 12,99 | 2,14 | 11,99 | 5,23 | 2,75 | 0,36 |
| ALMERIA_3 | 188.810 | 413493,90 | 179208,26 | 180035,24 | 1529,93 | 19310,17 | 3183,90 | 17821,59 | 7773,69 | 4093,59 | 537,54 |
| ALMÓCITA_17 | 167 | 182,87 | 79,25 | 79,62 | 0,68 | 8,54 | 1,41 | 7,88 | 3,44 | 1,81 | 0,24 |
| ALSODUX_16 | 155 | 169,73 | 73,56 | 73,90 | 0,63 | 7,93 | 1,31 | 7,32 | 3,19 | 1,68 | 0,22 |
| ANTAS_6 | 3.403 | 4968,38 | 2153,30 | 2163,23 | 18,38 | 232,02 | 38,26 | 214,14 | 93,41 | 49,19 | 6,46 |
| ARBOLEAS_10 | 4.527 | 6609,42 | 2864,52 | 2877,74 | 24,45 | 308,66 | 50,89 | 284,87 | 124,26 | 65,43 | 8,59 |
| ARMUÑA DE ALMANZORA_12 | 335 | 366,83 | 158,98 | 159,72 | 1,36 | 17,13 | 2,82 | 15,81 | 6,90 | 3,63 | 0,48 |
| BACARES_12 | 280 | 306,60 | 132,88 | 133,49 | 1,13 | 14,32 | 2,36 | 13,21 | 5,76 | 3,04 | 0,40 |
| BAYARCAL_17 | 306 | 335,07 | 145,22 | 145,89 | 1,24 | 15,65 | 2,58 | 14,44 | 6,30 | 3,32 | 0,44 |

| MUNICIPIO | Hab. | RCD's | HGON | CERA | MEZ | YESO | META | MADE | PLAS | CART | PELI |
|----------------------------|--------|-----------|----------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| BAYARQUE_12 | 230 | 251,85 | 109,15 | 109,66 | 0,93 | 11,76 | 1,94 | 10,85 | 4,73 | 2,49 | 0,33 |
| BEDAR_15 | 1.014 | 1110,33 | 481,22 | 483,44 | 4,11 | 51,85 | 8,55 | 47,86 | 20,87 | 10,99 | 1,44 |
| BEIRES_17 | 126 | 137,97 | 59,80 | 60,07 | 0,51 | 6,44 | 1,06 | 5,95 | 2,59 | 1,37 | 0,18 |
| BENAHADUX_16 | 3.940 | 5752,40 | 2493,09 | 2504,59 | 21,28 | 268,64 | 44,29 | 247,93 | 108,15 | 56,95 | 7,48 |
| BENITAGLA_11 | 88 | 96,36 | 41,76 | 41,96 | 0,36 | 4,50 | 0,74 | 4,15 | 1,81 | 0,95 | 0,13 |
| BENZALON_11 | 286 | 313,17 | 135,73 | 136,35 | 1,16 | 14,63 | 2,41 | 13,50 | 5,89 | 3,10 | 0,41 |
| BENTARIQUE_16 | 272 | 297,84 | 129,08 | 129,68 | 1,10 | 13,91 | 2,29 | 12,84 | 5,60 | 2,95 | 0,39 |
| BERJA_1 | 15.035 | 32926,65 | 14270,41 | 14336,26 | 121,83 | 1537,67 | 253,54 | 1419,14 | 619,02 | 325,97 | 42,80 |
| CANJAYAR_17 | 1.506 | 1649,07 | 714,71 | 718,01 | 6,10 | 77,01 | 12,70 | 71,07 | 31,00 | 16,33 | 2,14 |
| CANTORIA_10 | 4.016 | 5863,36 | 2541,18 | 2552,91 | 21,69 | 273,82 | 45,15 | 252,71 | 110,23 | 58,05 | 7,62 |
| CARBONERAS_5 | 7.964 | 17441,16 | 7559,00 | 7593,88 | 64,53 | 814,50 | 134,30 | 751,71 | 327,89 | 172,67 | 22,67 |
| CASTRO DE FILABRES_14 | 161 | 176,30 | 76,41 | 76,76 | 0,65 | 8,23 | 1,36 | 7,60 | 3,31 | 1,75 | 0,23 |
| COBDAR_10 | 188 | 205,86 | 89,22 | 89,63 | 0,76 | 9,61 | 1,59 | 8,87 | 3,87 | 2,04 | 0,27 |
| CUEVAS DE ALMANZORA_6 | 13.025 | 28524,75 | 12362,63 | 12419,68 | 105,54 | 1332,11 | 219,64 | 1229,42 | 536,27 | 282,40 | 37,08 |
| CHERCOS_11 | 295 | 323,03 | 140,00 | 140,65 | 1,20 | 15,09 | 2,49 | 13,92 | 6,07 | 3,20 | 0,42 |
| CHIRIVEL_9 | 1.854 | 2030,13 | 879,86 | 883,92 | 7,51 | 94,81 | 15,63 | 87,50 | 38,17 | 20,10 | 2,64 |
| DALIAS_2 | 3.958 | 5778,68 | 2504,48 | 2516,04 | 21,38 | 269,86 | 44,50 | 249,06 | 108,64 | 57,21 | 7,51 |
| EJIDO (EL)_2 | 84.227 | 184457,13 | 79943,72 | 80312,63 | 682,49 | 8614,15 | 1420,32 | 7950,10 | 3467,79 | 1826,13 | 239,79 |
| ENIX_2 | 484 | 529,98 | 229,69 | 230,75 | 1,96 | 24,75 | 4,08 | 22,84 | 9,96 | 5,25 | 0,69 |
| FELIX_2 | 654 | 716,13 | 310,37 | 311,80 | 2,65 | 33,44 | 5,51 | 30,87 | 13,46 | 7,09 | 0,93 |
| FINES_10 | 2.378 | 3471,88 | 1504,71 | 1511,66 | 12,85 | 162,14 | 26,73 | 149,64 | 65,27 | 34,37 | 4,51 |
| FIÑANA_13 | 2.424 | 3539,04 | 1533,82 | 1540,90 | 13,09 | 165,27 | 27,25 | 152,53 | 66,53 | 35,04 | 4,60 |
| FONDON_17 | 991 | 1085,15 | 470,30 | 472,47 | 4,02 | 50,68 | 8,36 | 46,77 | 20,40 | 10,74 | 1,41 |
| GADOR_16 | 3.244 | 4736,24 | 2052,69 | 2062,16 | 17,52 | 221,18 | 36,47 | 204,13 | 89,04 | 46,89 | 6,16 |
| GALLARDOS (LOS)_15 | 3.752 | 5477,92 | 2374,13 | 2385,09 | 20,27 | 255,82 | 42,18 | 236,10 | 102,98 | 54,23 | 7,12 |
| GARRUCHA_6 | 8.626 | 18890,94 | 8187,33 | 8225,12 | 69,90 | 882,21 | 145,46 | 814,20 | 355,15 | 187,02 | 24,56 |
| GERGAL_14 | 1.107 | 1212,17 | 525,35 | 527,78 | 4,49 | 56,61 | 9,33 | 52,24 | 22,79 | 12,00 | 1,58 |
| HUECIJA_16 | 539 | 590,21 | 255,79 | 256,98 | 2,18 | 27,56 | 4,54 | 25,44 | 11,10 | 5,84 | 0,77 |
| HUERCAL DE ALMERIA_3 | 14.937 | 32712,03 | 14177,39 | 14242,82 | 121,03 | 1527,65 | 251,88 | 1409,89 | 614,99 | 323,85 | 42,53 |
| HUERCAL OVERA_8 | 17.645 | 38642,55 | 16747,68 | 16824,97 | 142,98 | 1804,61 | 297,55 | 1665,49 | 726,48 | 382,56 | 50,24 |
| IILAR_16 | 436 | 477,42 | 206,91 | 207,87 | 1,77 | 22,30 | 3,68 | 20,58 | 8,98 | 4,73 | 0,62 |
| INSTINCION_16 | 493 | 539,84 | 233,96 | 235,04 | 2,00 | 25,21 | 4,16 | 23,27 | 10,15 | 5,34 | 0,70 |
| LAROYA_11 | 149 | 163,16 | 70,71 | 71,04 | 0,60 | 7,62 | 1,26 | 7,03 | 3,07 | 1,62 | 0,21 |
| LAUJAR DE ANDARAX_17 | 1.796 | 1966,62 | 852,33 | 856,27 | 7,28 | 91,84 | 15,14 | 84,76 | 36,97 | 19,47 | 2,56 |
| LIJAR_10 | 507 | 555,17 | 240,61 | 241,72 | 2,05 | 25,93 | 4,27 | 23,93 | 10,44 | 5,50 | 0,72 |
| LUBRIN_15 | 1.751 | 1917,35 | 830,98 | 834,81 | 7,09 | 89,54 | 14,76 | 82,64 | 36,05 | 18,98 | 2,49 |
| LUCAINENA DE LAS TORRES_15 | 690 | 755,55 | 327,46 | 328,97 | 2,80 | 35,28 | 5,82 | 32,56 | 14,20 | 7,48 | 0,98 |
| LUCAR_12 | 872 | 954,84 | 413,83 | 415,74 | 3,53 | 44,59 | 7,35 | 41,15 | 17,95 | 9,45 | 1,24 |
| MACAEL_11 | 6.168 | 13507,92 | 5854,33 | 5881,35 | 49,98 | 630,82 | 104,01 | 582,19 | 253,95 | 133,73 | 17,56 |
| MARIA_9 | 1.464 | 1603,08 | 694,77 | 697,98 | 5,93 | 74,86 | 12,34 | 69,09 | 30,14 | 15,87 | 2,08 |
| MOJACAR_5 | 7.581 | 16602,39 | 7195,48 | 7228,68 | 61,43 | 775,33 | 127,84 | 715,56 | 312,12 | 164,36 | 21,58 |
| MOJONERA (LA)_2 | 8.301 | 18179,19 | 7878,86 | 7915,22 | 67,26 | 848,97 | 139,98 | 783,52 | 341,77 | 179,97 | 23,63 |
| NACIMIENTO_14 | 482 | 527,79 | 228,74 | 229,80 | 1,95 | 24,65 | 4,06 | 22,75 | 9,92 | 5,23 | 0,69 |
| NIJAR_4 | 26.516 | 58070,04 | 25167,56 | 25283,70 | 214,86 | 2711,87 | 447,14 | 2502,82 | 1091,72 | 574,89 | 75,49 |
| OHANES_17 | 776 | 849,72 | 368,27 | 369,97 | 3,14 | 39,68 | 6,54 | 36,62 | 15,97 | 8,41 | 1,10 |
| OLULA DE CASTRO_14 | 207 | 226,67 | 98,24 | 98,69 | 0,84 | 10,59 | 1,75 | 9,77 | 4,26 | 2,24 | 0,29 |
| OLULA DEL RIO_12 | 6.699 | 14670,81 | 6358,33 | 6387,67 | 54,28 | 685,13 | 112,97 | 632,31 | 275,81 | 145,24 | 19,07 |
| ORIA_10 | 2.898 | 4231,08 | 1833,75 | 1842,21 | 15,65 | 197,59 | 32,58 | 182,36 | 79,54 | 41,89 | 5,50 |
| PADULES_17 | 491 | 537,65 | 233,02 | 234,09 | 1,99 | 25,11 | 4,14 | 23,17 | 10,11 | 5,32 | 0,70 |
| PARTALOA_10 | 872 | 954,84 | 413,83 | 415,74 | 3,53 | 44,59 | 7,35 | 41,15 | 17,95 | 9,45 | 1,24 |

| MUNICIPIO | Hab. | RCD's | HGON | CERA | MEZ | YESO | META | MADE | PLAS | CART | PELI |
|---------------------------|--------|-----------|----------|----------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| PATERNA DEL RIO_17 | 448 | 490,56 | 212,61 | 213,59 | 1,82 | 22,91 | 3,78 | 21,14 | 9,22 | 4,86 | 0,64 |
| PECHINA_3 | 3.690 | 5387,40 | 2334,90 | 2345,67 | 19,93 | 251,59 | 41,48 | 232,20 | 101,28 | 53,34 | 7,00 |
| PULPL_7 | 8.182 | 17918,58 | 7765,91 | 7801,75 | 66,30 | 836,80 | 137,97 | 772,29 | 336,87 | 177,39 | 23,29 |
| PURCHENA_12 | 1.736 | 1900,92 | 823,86 | 827,66 | 7,03 | 88,77 | 14,64 | 81,93 | 35,74 | 18,82 | 2,47 |
| RAGOL_16 | 361 | 395,30 | 171,32 | 172,11 | 1,46 | 18,46 | 3,04 | 17,04 | 7,43 | 3,91 | 0,51 |
| RIOJA_3 | 1.389 | 1520,96 | 659,18 | 662,22 | 5,63 | 71,03 | 11,71 | 65,55 | 28,59 | 15,06 | 1,98 |
| ROQUETAS DE MAR_2 | 82.665 | 181036,35 | 78461,15 | 78823,23 | 669,83 | 8454,40 | 1393,98 | 7802,67 | 3403,48 | 1792,26 | 235,35 |
| SANTA CRUZ DE MARCHENA_16 | 232 | 254,04 | 110,10 | 110,61 | 0,94 | 11,86 | 1,96 | 10,95 | 4,78 | 2,51 | 0,33 |
| SANTA FE DE MONDUJAR_16 | 485 | 531,08 | 230,17 | 231,23 | 1,96 | 24,80 | 4,09 | 22,89 | 9,98 | 5,26 | 0,69 |
| SENES_11 | 354 | 387,63 | 168,00 | 168,77 | 1,43 | 18,10 | 2,98 | 16,71 | 7,29 | 3,84 | 0,50 |
| SERON_12 | 2.385 | 3482,10 | 1509,14 | 1516,11 | 12,88 | 162,61 | 26,81 | 150,08 | 65,46 | 34,47 | 4,53 |
| SIERRO_12 | 451 | 493,85 | 214,03 | 215,02 | 1,83 | 23,06 | 3,80 | 21,28 | 9,28 | 4,89 | 0,64 |
| SOMONTIN_11 | 529 | 579,26 | 251,05 | 252,21 | 2,14 | 27,05 | 4,46 | 24,97 | 10,89 | 5,73 | 0,75 |
| SORBAS_15 | 2.854 | 4166,84 | 1805,91 | 1814,24 | 15,42 | 194,59 | 32,08 | 179,59 | 78,34 | 41,25 | 5,42 |
| SUFLI_12 | 279 | 305,51 | 132,41 | 133,02 | 1,13 | 14,27 | 2,35 | 13,17 | 5,74 | 3,02 | 0,40 |
| TABERNAS_14 | 3.627 | 5295,42 | 2295,04 | 2305,63 | 19,59 | 247,30 | 40,77 | 228,23 | 99,55 | 52,42 | 6,88 |
| TABERNO_8 | 1.131 | 1238,45 | 536,74 | 539,22 | 4,58 | 57,84 | 9,54 | 53,38 | 23,28 | 12,26 | 1,61 |
| TAHAL_11 | 446 | 488,37 | 211,66 | 212,64 | 1,81 | 22,81 | 3,76 | 21,05 | 9,18 | 4,83 | 0,63 |
| TERQUE_16 | 457 | 500,42 | 216,88 | 217,88 | 1,85 | 23,37 | 3,85 | 21,57 | 9,41 | 4,95 | 0,65 |
| TIJOLA_12 | 3.985 | 5818,10 | 2521,56 | 2533,20 | 21,53 | 271,71 | 44,80 | 250,76 | 109,38 | 57,60 | 7,56 |
| TRES VILLAS (LAS)_13 | 656 | 718,32 | 311,32 | 312,76 | 2,66 | 33,55 | 5,53 | 30,96 | 13,50 | 7,11 | 0,93 |
| TURRE_6 | 3.626 | 5293,96 | 2294,40 | 2304,99 | 19,59 | 247,23 | 40,76 | 228,17 | 99,53 | 52,41 | 6,88 |
| TURRILAS_15 | 224 | 245,28 | 106,30 | 106,79 | 0,91 | 11,45 | 1,89 | 10,57 | 4,61 | 2,43 | 0,32 |
| ULEILA DEL CAMPO_15 | 1.015 | 1111,43 | 481,69 | 483,91 | 4,11 | 51,90 | 8,56 | 47,90 | 20,89 | 11,00 | 1,44 |
| URRACAL_11 | 354 | 387,63 | 168,00 | 168,77 | 1,43 | 18,10 | 2,98 | 16,71 | 7,29 | 3,84 | 0,50 |
| VELEFIQUE_14 | 300 | 328,50 | 142,37 | 143,03 | 1,22 | 15,34 | 2,53 | 14,16 | 6,18 | 3,25 | 0,43 |
| VELEZ BLANCO_9 | 2.259 | 3298,14 | 1429,41 | 1436,01 | 12,20 | 154,02 | 25,40 | 142,15 | 62,01 | 32,65 | 4,29 |
| VELEZ RUBIO_9 | 7.150 | 15658,50 | 6786,39 | 6817,71 | 57,94 | 731,25 | 120,57 | 674,88 | 294,38 | 155,02 | 20,36 |
| VERA_6 | 13.985 | 30627,15 | 13273,81 | 13335,06 | 113,32 | 1430,29 | 235,83 | 1320,03 | 575,79 | 303,21 | 39,82 |
| VIATOR_3 | 4.860 | 7095,60 | 3075,23 | 3089,42 | 26,25 | 331,36 | 54,64 | 305,82 | 133,40 | 70,25 | 9,22 |
| VICAR_2 | 22.853 | 50048,07 | 21690,83 | 21790,93 | 185,18 | 2337,24 | 385,37 | 2157,07 | 940,90 | 495,48 | 65,06 |
| ZURGENA_10 | 3.066 | 4476,36 | 1940,05 | 1949,01 | 16,56 | 209,05 | 34,47 | 192,93 | 84,16 | 44,32 | 5,82 |

Nota: RCD's = Residuos de construcción y demolición, HGON = hormigón, CERA = Cerámica, MEZ = Mezcla, META = Metales, MADE = Madera, PLAS = Plástico, CART = Cartón, PELI = peligrosos.

En la **tabla 2** se presentan los Centros de Transferencia propuestos con la metodología expuesta y el procedimiento que se ha elaborado para llevarla a cabo, siendo en este caso particular el número generado de diecisiete (17). Este número determinado de nuevos Centros cumple la premisa de partida de una distancia por carretera no mucho mayor de 25 Km para un gasto de transporte mínimo. Con una distancia mayor de 25 Km, este coste sería más elevado. En algunos Centros la distancia de algunos núcleos poblacionales es, realmente, algo mayor, pero se trata de núcleos poblacionales muy pequeños, del orden de 8-10 habitantes.

Asimismo, al existir ya cinco de ellos, como ya se ha mencionado, habría que construir doce nuevos para ser acorde con la predicción realizada con la aplicación del procedimiento y, de este modo, se consiga el menor gasto en el transporte de los residuos que suponga un ahorro en el coste relativo total.

Se puede observar en la **tabla 2** que los Centros de Almería (Reciclados Almerienses 2005) y zona geográfica de poniente

(Técnicas Medio Ambientales Avanzadas) son los de mayor volumen de residuos generados y tratados. Y, además, ello coincide con los Centros que actualmente poseen un mayor grado de desarrollo.

Estos diecisiete Centros de Transferencia propuestos quedan representados en la **figura 1**, donde se pueden observar las vías de acceso a los mismos. Accediendo a cualquiera de los centros, pueden apreciarse así las carreteras de acceso, con sus distancias desde las diferentes poblaciones al Centro de Transferencia, la población estimada y el volumen de residuos generados, junto a una descomposición pormenorizada de los diferentes tipos de residuos generados (**Figuras 2 a 8**).

A los Centros que están, o se predice que van a entrar en funcionamiento en un futuro según el procedimiento, se les pueden asociar fotografías, esquemas o tablas con información adicional (empresa gestora, cantidad de residuos de entrada, materiales elaborados a partir de los residuos, precios, etc.).

TABLA 2. VOLUMEN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN GENERADOS EN LOS CENTROS DE TRANSFERENCIA PROPUESTOS (DIECISIETE EN TOTAL).

| MUNICIPIO | Hab. | RCD's | HGON | CERA | MEZ | YESO | META | MADE | PLAS | CART | PELI |
|------------------------------|---------|---------|------------|------------|----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|--------|
| 1_C.T. LA CURVA-ADRA | 39.408 | 86.304 | 37.403,95 | 37.576,55 | 319,32 | 4.030,37 | 664,54 | 3.719,68 | 1.622,51 | 854,40 | 112,19 |
| 2_ TEC. MEDIO AMB. AVANZADAS | 203.142 | 440.746 | 191.019,11 | 191.900,60 | 1.630,76 | 20.582,82 | 3.393,74 | 18.996,13 | 8.286,02 | 4.363,38 | 572,97 |
| 3_PLANTA RECICLADOS 2005 | 213.686 | 460.210 | 199.454,96 | 200.375,38 | 1.702,78 | 21.491,80 | 3.543,62 | 19.835,05 | 8.651,95 | 4.556,08 | 598,27 |
| 4_C.T. CAMPO-HERMOSO_NIJAR | 26.516 | 58.070 | 25.167,56 | 25.283,70 | 214,86 | 2.711,87 | 447,14 | 2.502,82 | 1.091,72 | 574,89 | 75,49 |
| 5_C.T. CARBONERAS | 15.545 | 34.044 | 14.754,47 | 14.822,56 | 125,96 | 1.589,83 | 262,14 | 1.467,28 | 640,02 | 337,03 | 44,26 |
| 6_C.T. CUEVAS DE ALMANZORA | 42.665 | 88.305 | 38.271,47 | 38.448,08 | 326,73 | 4.123,85 | 679,95 | 3.805,95 | 1.660,14 | 874,22 | 114,80 |
| 7_C.T. PULPI | 8.182 | 17.919 | 7.765,91 | 7.801,75 | 66,30 | 836,80 | 137,97 | 772,29 | 336,87 | 177,39 | 23,29 |
| 8_C.T. HUERCAL-OVERA | 18.776 | 39.881 | 17.284,42 | 17.364,19 | 147,56 | 1.862,44 | 307,08 | 1.718,87 | 749,76 | 394,82 | 51,85 |
| 9_C.T. VELEZ RUBIO | 12.727 | 22.590 | 9.790,44 | 9.835,62 | 83,58 | 1.054,95 | 173,94 | 973,62 | 424,69 | 223,64 | 29,37 |
| 10_C.T. ALBOX | 30.445 | 51.740 | 22.424,21 | 22.527,69 | 191,44 | 2.416,27 | 398,40 | 2.230,00 | 972,72 | 512,23 | 67,26 |
| 11_C.T. MACAEL | 8.810 | 16.401 | 7.108,15 | 7.140,96 | 60,68 | 765,92 | 126,29 | 706,88 | 308,34 | 162,37 | 21,32 |
| 12_C.T. SERON | 17.855 | 29.212 | 12.660,34 | 12.718,77 | 108,08 | 1.364,19 | 224,93 | 1.259,02 | 549,18 | 289,20 | 37,98 |
| 13_C.T. FIÑANA | 5.925 | 7.373 | 3.195,30 | 3.210,05 | 27,28 | 344,30 | 56,77 | 317,76 | 138,61 | 72,99 | 9,58 |
| 14_C.T. GERGAL | 5.884 | 7.767 | 3.366,15 | 3.381,68 | 28,74 | 362,71 | 59,80 | 334,75 | 146,02 | 76,89 | 10,10 |
| 15_C.T. SORBAS | 11.300 | 14.785 | 6.407,68 | 6.437,25 | 54,70 | 690,45 | 113,84 | 637,22 | 277,95 | 146,37 | 19,22 |
| 16_C.T. ALHAMA DE ALMERIA | 16.045 | 24.329 | 10.544,38 | 10.593,04 | 90,02 | 1.136,18 | 187,34 | 1.048,60 | 457,39 | 240,86 | 31,63 |
| 17_C.T. FONDON | 7.515 | 8.229 | 3.566,42 | 3.582,87 | 30,45 | 384,29 | 63,36 | 354,67 | 154,70 | 81,47 | 10,70 |

Nota: RCD's = Residuos de construcción y demolición, HGON = hormigón, CERA = Cerámica, MEZ = Mezcla, META = Metales, MADE = Madera, PLAS = Plástico, CART = Cartón, PELI = peligrosos.

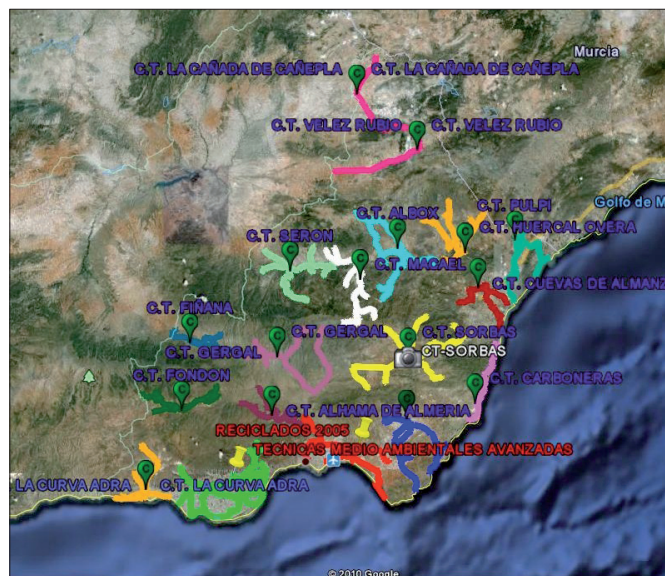


Figura 1. Mapa de Centros de Transferencia (futuros) generados con el procedimiento con la red de viales existentes y área de influencia.

Además de todo lo anterior, el procedimiento informatizado como herramienta de trabajo permite una retroalimentación constante, e incluso instantánea, de nuevos datos, como se aprecia en el ejemplo de la **Figura 9**. Todo ello facilita el trabajo a las empresas constructoras, a la administración y a la sociedad en general, ya que se conocen en cada momento el centro más cercano, las empresas gestoras de residuos de distinta tipología que ofrecen algún tratamiento, como puede ser una simple separación para obtener áridos, o bien un tratamiento integral con la finalidad de conseguir nuevos materiales e incluso los costes del servicio. Finalmente, en los ejemplos de las **figuras 10 y 11** se recogen, con todo nivel de detalle, la ubicación de las Plantas en funcionamiento (en

este caso son Reciclados 2005, Técnicas Medioambientales Avanzadas y Pulpí), junto a los Centros de Transferencia más cercanos, núcleos de población servidos y la red viaria de acceso a los mismos.

En la **figura 10** se muestra un *cálculo teórico* de los diferentes tipos de residuos generados. Es importante añadir que en el ejemplo considerado se ha partido del volumen de residuos en una anualidad que se producen en una colectividad de tamaño medio (provincia de Almería), siendo extensible a otras mayores en población y territorio, disponiendo de datos actualizados.

4. COMENTARIOS FINALES Y CONCLUSIONES

Con la realización de este estudio se ha puesto de manifiesto cómo se puede realizar una propuesta de nuevos métodos de organización y/o procedimientos, como herramientas de trabajo, que permitan una gestión mucho más eficiente de los residuos generados en un territorio dado.

Se ha creado una herramienta de planificación en la gestión de los residuos de construcción y demolición, así como otros de diversa tipología (construcción y demolición, hormigón, cerámica, mezclas, plástico, cartón, madera y metales), generados en una población media, tomando como base la normativa establecida según un Plan Director Territorial de la Gestión de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) aprobado en una Comunidad Autónoma, en este caso se particulariza a la de Andalucía.

Se ha escogido, como ejemplo práctico de aplicación del procedimiento, el volumen de residuos en una anualidad que se producen en una colectividad de tamaño medio como es la provincia de Almería, siendo extensible a otras mayores en población y territorio, disponiendo de los datos actualizados.

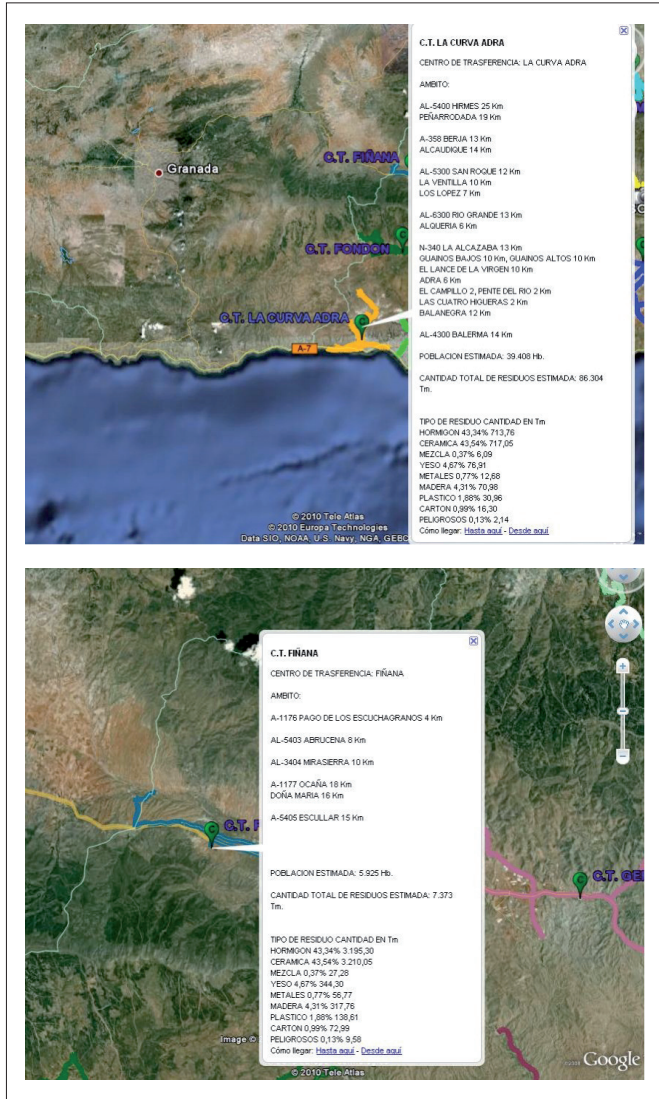


Figura 2. Detalle de acceso con la herramienta informática a los futuros Centros de Transferencia de Curva de Adra y Fiñana, con toda la información adicional representada en la tabla.



Figura 3. Detalle de acceso con la herramienta informática a los futuros Centros de Transferencia de Campohermoso - Nijar y Carboneras, con toda la información adicional representada en la tabla.

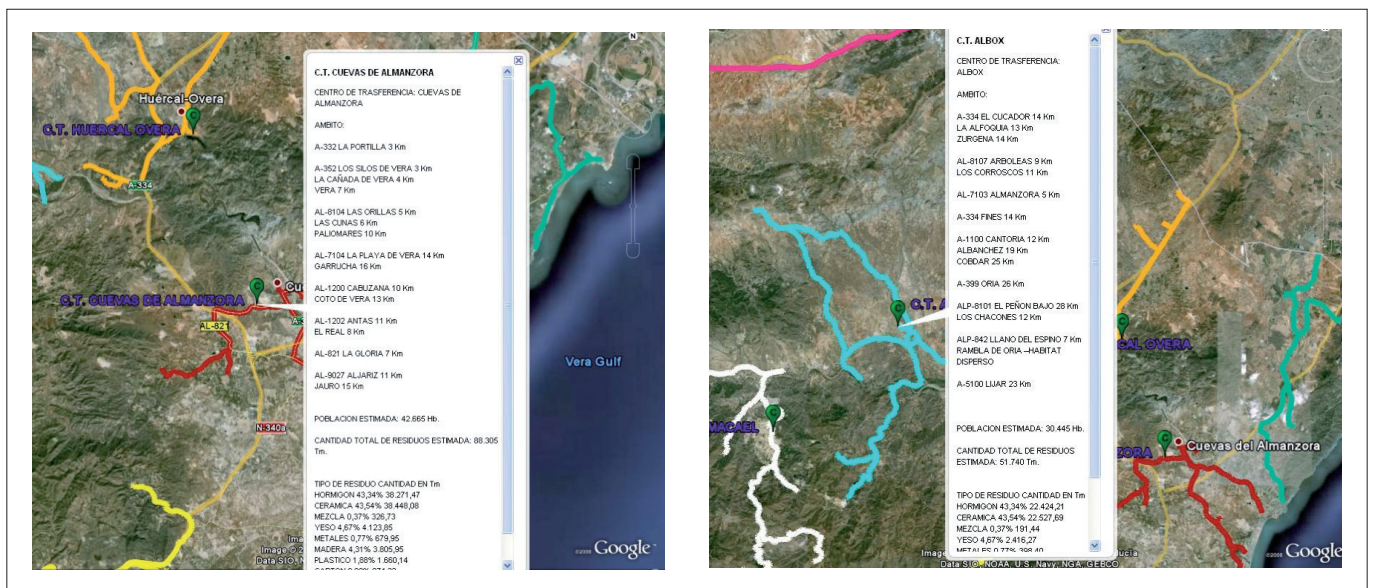


Figura 4. Detalle de acceso con la herramienta informática a los futuros Centros de Transferencia de Cuevas de Almanzora y Albox, con toda la información adicional representada en las tablas.

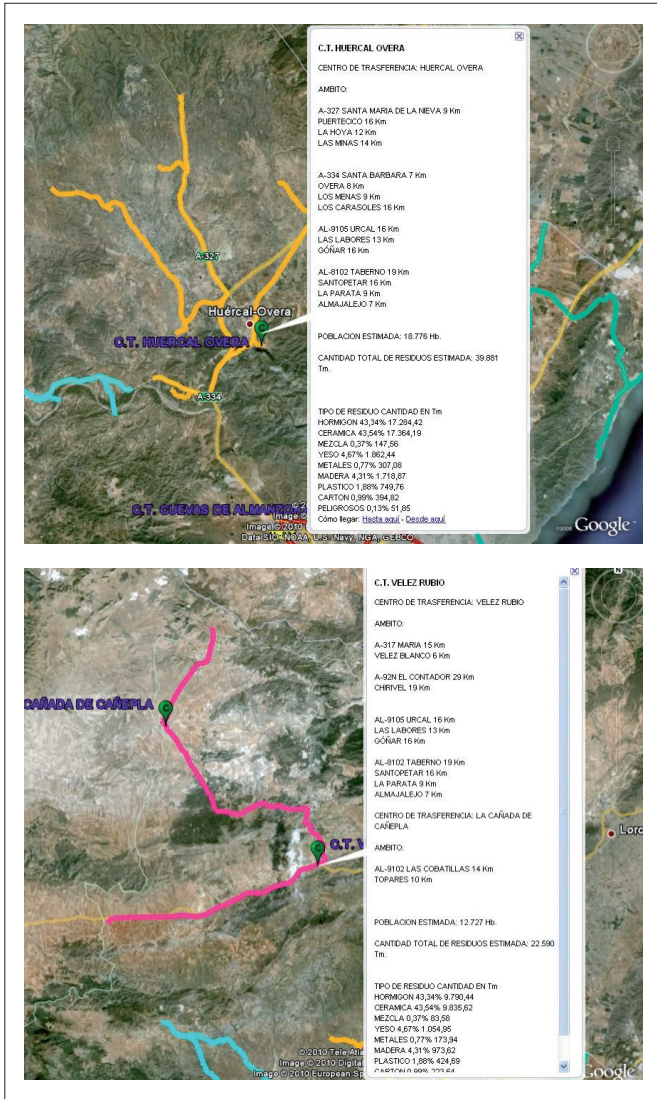


Figura 5. Detalle de acceso con la herramienta informática a los futuros Centros de Transferencia de Huercal Overa y Vélez Rubio, con toda la información adicional representada en las tablas.

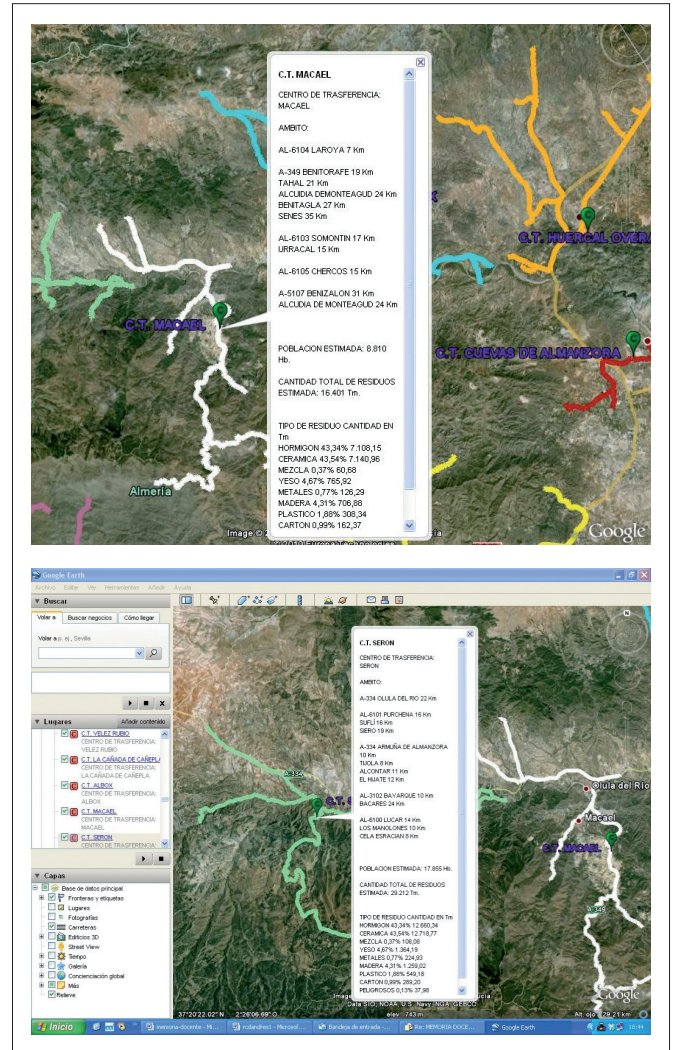


Figura 6. Detalle de acceso con la herramienta informática a los futuros Centros de Transferencia de Macael y Serón, con toda la información adicional representada en las tablas.

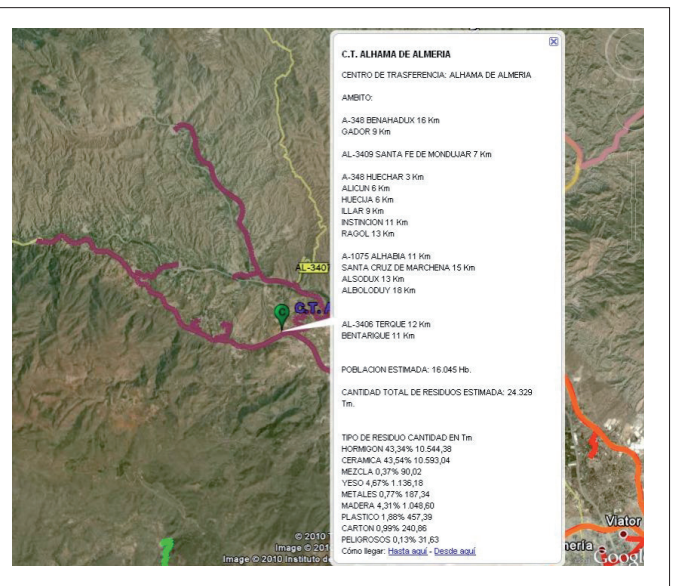
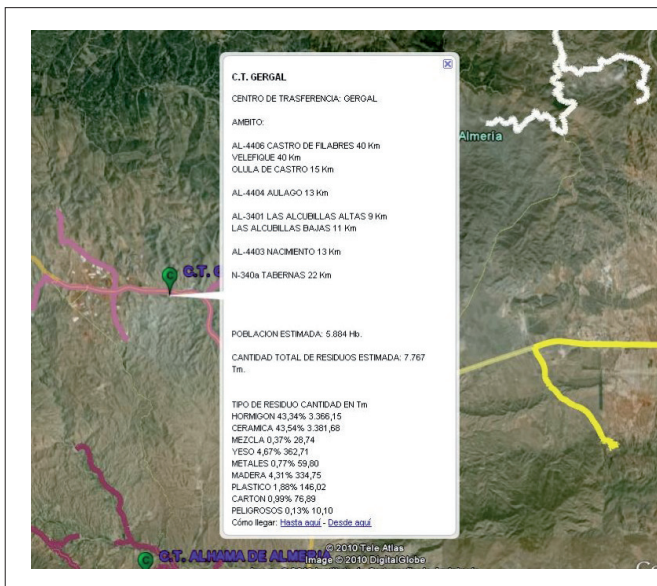


Figura 7. Detalle de acceso con la herramienta informática a los futuros Centros de Transferencia de Gergal y Alhama de Almería, con toda la información adicional representada en las tablas.

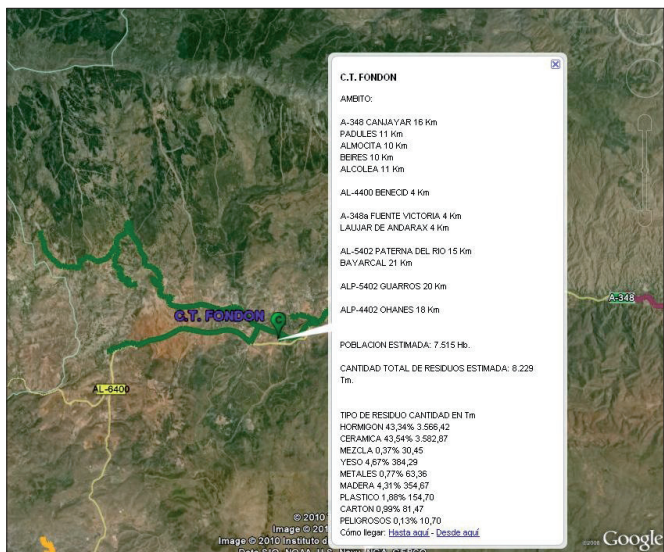
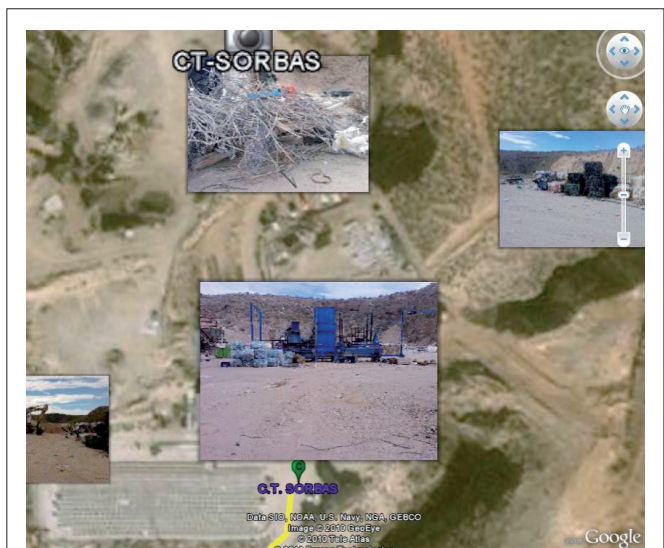


Figura 8. Detalle de acceso con la herramienta informática al futuro Centro de Transferencia de Fondón, con toda la información adicional representada en la tabla.



a)



b)



Figura 10. Detalle de red de accesos al Centro de transferencia de Almería (Reciclados 2005), junto a detalles de accesos a centros más cercanos (a) y tabla asociada con distancias a los diferentes núcleos de población: se muestra el cálculo teórico de los diferentes tipos de residuos generados (b).

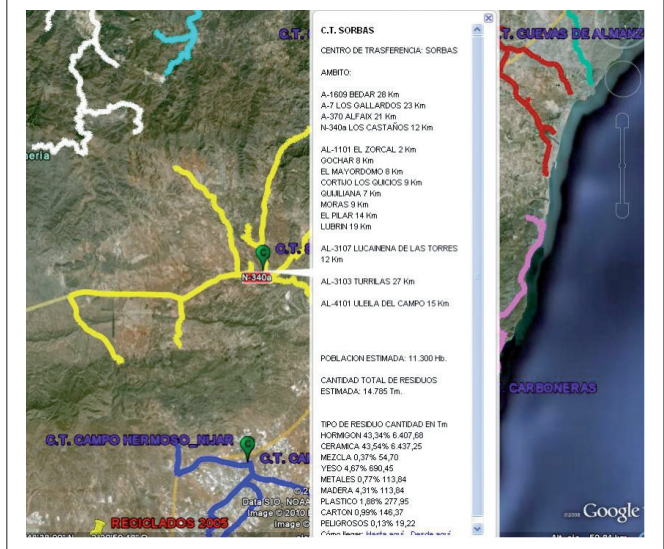


Figura 9. Fotografías de maquinaria y planta asociados por la herramienta informática al Centro de Transferencia de Sorbas.

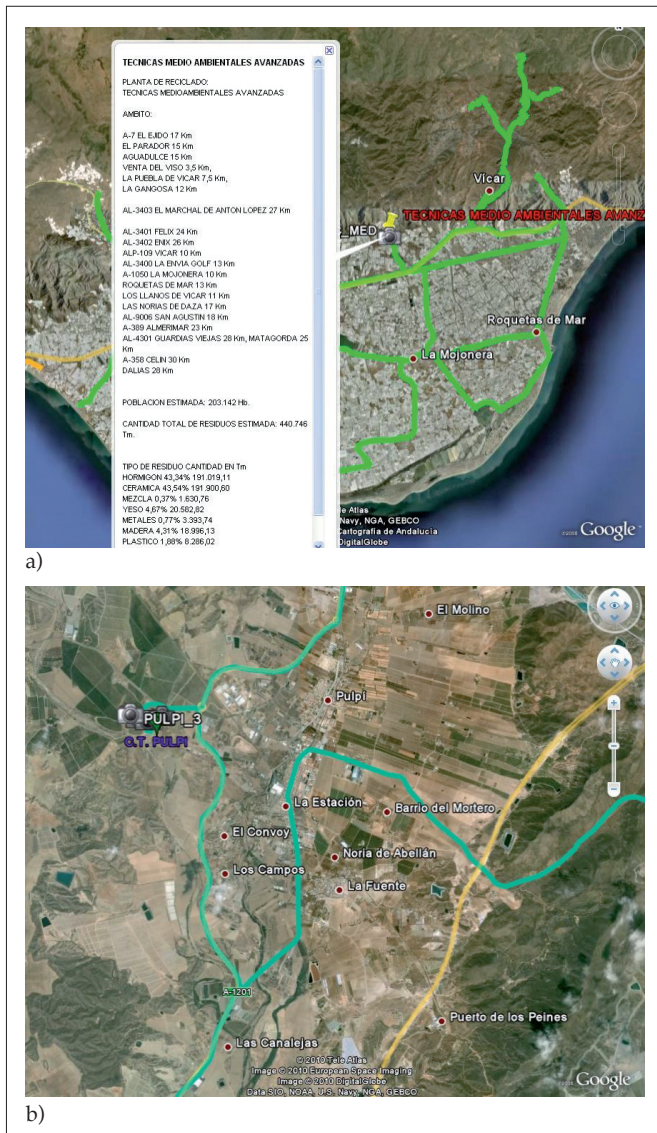


Figura 11. Detalle de la Planta de Transferencia del Poniente Almeriense (Técnicas Medioambientales Avanzadas, junto a detalles de accesos desde Centros más cercanos (a) y detalles de accesos a la planta de transferencia de Pulpí (b).

Asimismo, el procedimiento propuesto permite visualizar en un mapa topográfico el área de influencia de cada uno de los centros, la red de carreteras y viales de acceso a los mismos y otros parámetros, como son volumen de residuos generados y población servida.

Además, permite una retroalimentación continua con datos reales de los Centros de Transferencia, cuando estos vayan entrando en funcionamiento (con fotografías, esquemas, tablas, mapas, etc.).

Todo ello es de suma utilidad, ya que permitirá que una empresa generadora de residuos posea información fácilmente accesible que le facilite buscar el Centro de Transferencia más cercano en cada momento y las tasas que tenga que abonar. Además, este procedimiento posibilita conocer el flujo de los

residuos desde los Centros de Transferencia a los Centros de Tratamiento integral, generando nuevos recursos para los gestores de las Plantas y empresas del ámbito, que pueden ir desde una simple separación, generación de áridos reciclados o la producción de nuevos materiales. Incluso con los residuos no valorizables (residuos inertes) se pueden señalar los puntos de vertido.

Por último, con la aplicación del procedimiento propuesto teniendo en cuenta los datos que corresponden a un período concreto de tiempo (o bien su estimación en un futuro cercano), la administración y la sociedad en general pueden tener un conocimiento más seguro sobre esta temática tan relevante y en el momento actual.

En consecuencia, se podrá controlar qué se hace con los residuos de construcción y demolición, además de otros de diversa tipología y volumen, como son los procedentes de la industria Cerámica y del Vidrio, generados en un área determinada en cada Planta, o bien el uso final al que se destinan, así como en la toma de decisiones, planificación y diseño. De este modo se podrá contribuir a la reducción del impacto medioambiental y a una gestión mucho más sostenible de los mismos.

AGRADECIMIENTO

Se agradece el apoyo económico de la Consejería de Innovación, Ciencia y Empleo de la Junta de Andalucía a los grupos de investigación y desarrollo tecnológico AGR 107 y TEP 204 que ha facilitado la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA Y NOTAS

1. En el texto, en esta parte introductoria, se ha optado por incluir la relación de normativa y su evolución (Leyes, Ordenes y Reales Decretos) debido a lo prolijo de realizar citas. Dicha normativa se menciona por su relación con el procedimiento propuesto, siendo tanto a nivel de Unión Europea como Nacional y de Comunidades Autónomas, indicando después para el ejemplo ilustrativo la normativa provincial y ordenanzas locales aprobadas.
2. P.J. Sánchez Soto, A. Ruiz Conde, E. Garzón Garzón, "Método de prospección y caracterización de materias primas", Patente Española P200803674, Código C04B 35/185 (2008).
3. E. Garzón, I.G. García, R. Bono, A. Ruiz-Conde, P.J. Sánchez-Soto, "Composición y propiedades tecnológicas de las filitas de un yacimiento de Berja (Almería)", *Cerámica Información*, 341, 43-55 (2007).
4. E. Garzón, I.G. García, A. Ruiz-Conde, P.J. Sánchez-Soto, "Aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la prospección y caracterización de materias primas de interés en Cerámica y Vidrio", *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, 48, 39-44. (2009).
5. E. Garzón, I.G. García-Rodríguez, A. Ruiz-Conde, P.J. Sánchez-Soto, "Phyllites as used as waterproofing layer materials for greenhouses crops in Spain: multivariate statistical analysis applied to their classification based on X-Ray Fluorescent Analysis", *X-Ray Spectrometry*, 38, 429-438 (2009).
6. J.A. Espí Rodríguez, "Determinación de la sostenibilidad de la industria mineral de la cerámica y del vidrio mediante herramientas de gestión ambiental", *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, 50, 151-160 (2011).
7. Página web: www.juntadeandalucia.es
8. Datos cartográficos de Andalucía, escala 1:100.000 y de la ortofotografía digital de la Comunidad Autónoma de Andalucía, Junta de Andalucía, 2005.