

RECEIVED
NOV 16 2000
OSTI

**Utilización de Escombreras de Carbón
como Vertedero Controlado de
Residuos Sólidos Urbanos**

(C-24-472)

Titular: AITEMIN



Depósito Legal: M-4557-1998
ISSN: 1138-7041
NIPO: 238-00-003-6

DISCLAIMER

Portions of this document may be illegible in electronic image products. Images are produced from the best available original document.

COAL MINING SPOIL HEAP MANAGEMENT AS URBAN SOLID WASTE DUMP

ECSC Research N° 7220 – DE/070

In the coordinated project "DISPOSAL OF SOLID RESIDUES FROM COAL" it's included the project "Coal Mining Spoil Heap Management as Urban Solid Waste Dump".

The main target of this project consisted of determining the viability of using coal mining spoil heaps, as controlled rubbish dump of urban solid wastes.

The working plan to achieve this objective was composed of the following stages:

1. Urban solid wastes characterisation
2. Methodology to be followed for the selection of coal mining spoil heaps as controlled dump of urban solid wastes.
 - 2.1 Classification and preliminary assessment of the possibility of using spoil heaps as urban solid waste dumps (APT/NON APT).
 - 2.2 Realisation of geological, geotechnical, hydrogeological and environmental studies applied to the spoil heaps classified as APT.
 - 2.3 Analysis of the compatibility of the mining activity with the urban solid wastes dumped on the spoil heap.
 - 2.4 Analysis of the use of coal mining wastes in the rubbish dump operative life.
3. Extraction of conclusions

The works were focused in the León province.

As result of the researches we obtained the following results and conclusions:

- In the areas studied, only two emplacements are optima to dump urban solid wastes; spoil heap n° 13. Roguera Mine (Ciñera – Matallana) and the open pit mine n° 4, Las Chaviadas, in Villablino.
- The active spoil heap use as controlled rubbish dump can cause, if not managed adequately, severe operating and occupational problems to the mine and to the company that manages the urban solid wastes
- The abandoned spoil heap utilisation is difficult due the problems that would arise when conditioning the site to be use as rubbish dump.
- The use of abandoned open pit mines, as controlled rubbish dump is feasible if geological, geotechnical, hydrogeological and environmental studies support it.
- It's possible the use of the coal mining wastes in the different operatives' phases of the controlled rubbish dump.

The evaluation methodology developed during the project is considered satisfactory, therefore we don't consider necessary to prosecute the research in this field.

The methodology could be used in the future for looking for suitable rubbish dumps in other mining areas, especially when no other adequate locations are available, even though such need is not apparent by now.

Indice

1	INTRODUCCIÓN	1
2	RESUMEN	2
3	CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	3
	3.1 <i>Introducción</i>	3
	3.2 <i>Características de los Residuos Sólidos Urbanos</i>	4
	3.2.1 <i>Caracterización de RSU del Principado de Asturias</i>	5
	3.2.2 <i>Caracterización de RSU en León</i>	6
4	METODOLOGÍA A SEGUIR PARA LA ELECCIÓN DE UNA ESCOMBRERA DE CARBÓN COMO VERTEDERO CONTROLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	9
	4.1 <i>Clasificación de escombreras y valoración de aptitud (APTAS/NO APTAS) para el vertido controlado de RSU.</i>	9
	4.1.1 <i>Clasificación de escombreras</i>	9
	4.1.2 <i>Valoración de aptitud (APTAS/NO APTAS) para utilización de escombreras de carbón como vertedero de RSU</i>	13
	4.2 <i>Estudios realizados a las escombreras APTAS</i>	17
	4.2.1 <i>Realización de estudios geológicos, geotécnicos y medioambientales a las escombreras APTAS.</i>	17
	4.3 <i>Análisis de la compatibilidad de vertido</i>	21
	4.4 <i>Utilización de los estériles de carbón en la vida operativa del vertedero</i>	24
5	CONCLUSIONES	26
6	BIBLIOGRAFIA	30
	Tabla nº 1. <i>Resultados medios de la composición de los R.S.U. del municipio de León</i>	8
	Tabla nº 2. <i>Resultados medios de la caracterización de los R.S.U. del municipio de León</i>	8
	Tabla nº 3. <i>Escombreras seleccionadas del inventario del I.T.G.E.</i>	10
	Figura nº 1; Hoja Excel	18

1 INTRODUCCIÓN

La extracción de cualquier mineral lleva asociada una generación de residuos. En el caso, por ejemplo, de la minería de hulla, puede afirmarse que el 50% de la producción es carbón y el 50% restante es estéril.

Cabe pensar que la producción de estériles irá aumentando en el futuro, debido a la disminución de las leyes de los yacimientos y a la explotación de depósitos que actualmente se consideran marginales.

Aunque se propongan vías de reutilización de estos residuos, es de reflexión inmediata que siempre se tendrá un volumen de estériles residuales que será necesario "alojar" en el medio. La necesidad de contar con lugares de almacenamiento para los estériles resultantes de las operaciones mineras, supone para las empresas realizar una serie de operaciones (ubicación, planificación, restauración, etc.) que llevan asociadas un coste, y de las que no se obtendrá, en principio, beneficio alguno.

El uso alternativo de las escombreras como depósito de estériles de mina y de residuos sólidos urbanos (en lo sucesivo RSU), les proporciona un valor añadido del que ahora carecen, ofreciendo un servicio a las poblaciones cercanas. De esta forma se utilizaría un espacio, que ya se ha visto afectado ambientalmente, para un doble objetivo, ambos necesarios, evitando alterar otros entornos.

Por otra parte, la gestión de los RSU es un proceso delicado al incidir directamente sobre factores sociales, económicos y medioambientales, lo que implica la realización de detallados estudios de ubicación en los que se respete el entorno, procurando que su degradación sea mínima o nula, y se cuiden al máximo las condiciones de salubridad de las comunidades cercanas.

Aparte de los costes que generan los estudios de emplazamiento hay que tener en cuenta los que se generen, por ejemplo, de la propia construcción del vertedero e infraestructuras de acceso (si no las hubiese), costes de mantenimiento y gestión, costes asociados a la restauración final para integrar en el entorno los terrenos ocupados por el vertedero, etc.

Al utilizar escombreras de mina como vertedero controlado de RSU se minoran o anulan parte de los costes citados anteriormente. Los organismos encargados de la gestión del vertedero se evitarían realizar estudios de ubicación que, generalmente, chocan siempre con aspectos sociales; se aprovecharían de las infraestructuras construidas por las empresas mineras y podrían beneficiarse de los Planes de Restauración del Espacio Afectado por la Actividad Minera que la legislación vigente obliga a cumplir.

Estas razones se consideraron suficientes e importantes como para realizar el proyecto de investigación "UTILIZACIÓN DE ESCOMBRERAS DE CARBÓN COMO VERTEDERO CONTROLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS", proyecto que ha tenido como principal objetivo el estudio de viabilidad de la utilización de escombreras resultantes de

la explotación del carbón como vertedero controlado de residuos sólidos urbanos (en lo sucesivo RSU).

2 RESUMEN

Con la ejecución de este proyecto se ha cumplido con el objetivo siguiente, marcado en el inicio de los trabajos,

Desarrollar una herramienta que permita decidir sobre la utilización potencial de las escombreras de la minería de carbón como vertederos de residuos sólidos urbanos, dependiendo de las características de las escombreras y de los residuos sólidos urbanos, y de la metodología a seguir en la disposición.

Para la realización del proyecto se elaboró el siguiente Plan de Trabajo:

1. Caracterización de residuos sólidos urbanos.
2. Metodología a seguir para la elección de una escombrera de la minería de carbón, como depósito de RSU
 - 2.1 Clasificación de escombreras y valoración de aptitud (APTAS/NO APTAS) para el vertido controlado de RSU.
 - 2.2 Realización de estudios geológicos, geotécnicos, hidrogeológicos y ambientales a las escombreras valoradas APTAS. El objetivo de esta fase ha sido concretar la/s escombrera/s que por factores sociales, económicos y medioambientales resultara/n adecuada/s para su utilización como vertedero controlado de RSU.
 - 2.3 Análisis de compatibilidad de la actividad minera con el vertido controlado de RSU.
 - 2.4 Utilización de los estériles de carbón en la vida operativa del vertedero.
3. Conclusiones y recomendaciones.

La selección de la provincia de León (cuencas mineras de Ciñera – Matallana y Villablino) para la realización del proyecto se ha debido a los siguientes factores;

- Existencia de escombreras de minas de carbón en activo e inactivas
- El vertedero controlado de la ciudad de León se encuentra totalmente colmatado (según información de la Secretaría General de la Diputación de León, ya se ha elaborado un PLAN GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS, que se encuentra en trámite administrativo).

En los siguientes epígrafes se describirán los trabajos realizados en el transcurso de la investigación.

3 CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

3.1 Introducción

Cuando se inició el proyecto, la legislación nacional vigente en materia de residuos sólidos urbanos la establecía la Ley 42/1975, de 19 de noviembre sobre deshechos y residuos sólidos urbanos.

En esta ley se definían como RSU los producidos como consecuencia de las siguientes actividades:

- domiciliarias
- comerciales y servicios
- sanitarias en hospitales, clínicas y ambulatorios
- limpieza viaria, zonas verdes y recreativas
- abandono de animales muertos, muebles, enseres y vehículos
- industriales, agrícolas, de construcción y obras menores de reparación domiciliaria, que se producen en las zonas clasificadas como urbanas y urbanizables

La Directiva Comunitaria 91/156/CEE, del consejo, de 18 de marzo de 1991, que modifica la Directiva 75/442/CEE, fue motivo suficiente para la promulgación de la Ley 10/1998, de 21 de abril de residuos, ley que, por tanto, ha entrado en vigor durante el intervalo de ejecución del proyecto, pero no afecta a la definición de RSU establecida en la ley anterior.

Es importante destacar que la nueva ley admite la posibilidad de que las entidades locales elaboren sus propios planes de gestión de residuos urbanos, con lo cual las conclusiones obtenidas en el proyecto pueden ser tenidas en cuenta en el estudio de nuevos emplazamientos.

Puesto que en este proyecto se ha estudiado la posibilidad de utilización de las escombreras de la minería del carbón como vertederos, hay que indicar que se excluyen de la Ley 10/1998, la gestión de los residuos resultantes de la prospección, valoración, eliminación y almacenamiento de recursos minerales, así como de la explotación de canteras, reguladas por la Ley 22/1973 de 21 de julio, de Minas, y que la Ley 10/1998 sólo será aplicable en aquellos aspectos regulados expresamente en su normativa específica.

De los 12.000.000 t de RSU generados en España en el año 1991, el 79% se trataron y eliminaron con garantía de que no se producían daños al medio ambiente. Al 54% de los residuos se les aplicó como sistema de tratamiento el vertido controlado.

3.2 Características de los Residuos Sólidos Urbanos

Las principales características de los RSU cuyo estudio es básico para determinar el sistema de tratamiento o eliminación son:

- Densidad
- Grado de humedad
- Poder calorífico
- Relación carbono/nitrógeno

A estas características es necesario añadir la **producción** de residuos urbanos de los núcleos de población cercanos a las cuencas mineras, lo que permite estimar la vida útil de utilización alternativa de la escombrera (conociendo su capacidad) como depósito de estériles de mina y de RSU.

Los datos de producción de residuos de un núcleo urbano se obtienen a través de pesadas y de los datos existentes. En España los índices de producción por habitante son los indicados a continuación:

En zonas rurales	0,550 a 0,820 kg/hab día
En zonas urbanas	0,800 a 1,100 kg/hab día
Media nacional	0,860 kg/hab día

La **densidad** es un parámetro que tiene gran influencia en el diseño de los medios de recogida y de tratamiento de los residuos. La densidad no es un parámetro fijo ya que varía en el transcurso de las diversas manipulaciones al tratarse de materiales fácilmente compresibles.

Este parámetro es función también de las características de la zona de producción o de la estación del año (en verano las densidades son menores debido a la diferencia de los elementos que se consumen).

La densidad, debido al carácter heterogéneo de los distintos componentes de las basuras, puede variar entre 0,1 y 0,3 t/m³. Los valores más bajos corresponden a zonas de nivel social más alto o a las zonas comerciales. Cuando se emplean vehículos de compresión, donde se produce un grado de compactación de 3 a 1, la densidad pasa a ser, aproximadamente, 0,6 kg/l.

El **grado de humedad** o cantidad de agua de los RSU oscila entre el 25% y el 60%. Este agua procede principalmente de la materia orgánica y tiene una influencia importante sobre el poder calorífico útil de la misma, así como en la rapidez de descomposición de la materia fermentable contenida en los mismos. En España el grado de humedad oscila entre el 40 y el 60%.

El valor del **poder calorífico inferior** (PCI) es necesario conocerlo cuando se pretende optar por la incineración de las basuras. Los datos que se obtienen para los RSU españoles oscilan entre 800 y 1600 kcal/kg, valores inferiores a los obtenidos en los residuos del resto de Europa, debido al alto contenido en humedad de los residuos españoles. En general el PCI puede oscilar entre 1000 y 2500 kcal/kg.

En cuanto a la relación C/N es un índice que es necesario determinar en los procesos de compostaje e indica la capacidad mineralizadora anual del N₂.

Para los objetivos del proyecto no se ha considerado oportuno considerar el poder calorífico y la relación C/N.

La caracterización de los RSU del Principado de Asturias y León se ha realizado respecto a los siguientes parámetros:

- Producción
- Densidad
- Grado de humedad
- Composición

3.2.1 Caracterización de RSU del Principado de Asturias

En el Principado de Asturias se visitaron las instalaciones de COGERSA (Consortio para la gestión de residuos sólidos en Asturias), organismo que centraliza la gestión de los residuos sólidos urbanos, tóxicos y peligrosos y residuos hospitalarios, y en el que reciben tratamiento el 97% de los RSU que se generan. Estas instalaciones se ubican entre las ciudades de Oviedo y Gijón y en ellas se tratan aproximadamente 1000 t/día de RSU.

Los técnicos de COGERSA proporcionaron los siguientes datos en cuanto a producción, composición, humedad y grado de humedad.

Producción 400.000 t/año los que representa, aproximadamente, 0.95 kg/hab/día.

Composición

Materia orgánica	47,6%
Papel y cartón	23,7%
Vidrio	7,7%
Plásticos	6,9%
Metales	3,7%
Otros	10,4%

Densidad Los residuos se extienden en capas de unos 2,5 m de espesor, compactándolas, obteniendo unas densidades de 0,7-0,8 t/m³.

El **grado de humedad** oscila entre el 40 y 60%, dependiendo del contenido en materia orgánica.

La Dirección General de Medio Ambiente del Principado de Asturias ha establecido como política la eliminación de todos los vertederos existentes del Principado y el tratamiento de los residuos sólidos en las instalaciones de COGERSA. Debido a ello, las autoridades competentes no consideraron oportuno que se realizaran otros estudios adicionales para la gestión de RSU, como los propuestos en éste proyecto de investigación, por lo cual se adoptó la decisión de centrar los trabajos en la **provincia de León**.

3.2.2 Caracterización de RSU en León

Para la caracterización de los RSU de la provincia de León se mantuvieron contactos con la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León, Servicio Territorial de Medio Ambiente de León, Diputación Provincial y Ayuntamientos. En particular para la caracterización de los RSU de las cuencas mineras de Ciñera – Matallana y Villablino se realizaron visitas a los Ayuntamientos, que proporcionaron los datos de producción de los municipios próximos a las cuencas mineras.

Como los organismos oficiales y ayuntamientos no disponían de datos referentes a composición, grado de humedad y densidad, se obtuvieron del "Estudio de caracterización y composición de Residuos Sólidos Urbanos en España. Comunidades autónomas de Castilla y León y Extremadura" realizado por TYPESA en el año 1992, y publicado por el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente.

En este estudio se establecían las siguientes cinco categorías en función de la población:

	Categoría				
	1	2	3	4	5
Población (habitantes)	>50.000	100.000-500.000	20.000-100.000	5.000-20.000	<5.000

y las siguientes categorías en función de las características socioeconómicas:

	Categoría		
	A	I	U
Características Socioeconómicas	Municipios Agrícolas	Municipios industriales (industria y energía)	Municipios Urbanos (construcción y servicios)

En base a estas categorías se estableció la siguiente categorización de los municipios en función de sus características demográficas y socioeconómicas

Grupo 2U Municipios con población comprendida entre 100.000 y 500.000 habitantes y características socioeconómicas preferentemente urbanas.

León

Grupo 3U Municipios con población comprendida entre 20.000 y 100.000 habitantes y características socioeconómicas preferentemente urbanas

Ponferrada

Grupo 4A Municipios con población comprendida entre 5.000 y 20.000 habitantes y características socioeconómicas preferentemente agrícolas

Astorga, La Bañeza, Cistierna, San Andrés de Rabanedo, Villafranca del Bierzo

Grupo 4I Municipios con población comprendida entre 5.000 y 20.000 habitantes y características socioeconómicas preferentemente industriales.

Bembibre, Fabero, La Pola de Gordón, Toreno, Villablino, La Robla

Grupo 5A Municipios con población inferior a 5.000 habitantes y características socioeconómicas preferentemente agrícolas.

Grupo 5U Municipios con población inferior a 5.000 habitantes y características socioeconómicas preferentemente urbanas.

Grupo 5I Municipios con población inferior a 5.000 habitantes y características socioeconómicas preferentemente industriales.

Benuza, Berlanga de Bierzo, Cabrillanes, Igueña, Matallana, Molinaseca, Noceda, Palacios del Sil, Páramo del Sil, Puente de Sto. Domingo Florez, Sabero, Saucedo, Torre del Bierzo, Val de San Lorenzo, Valdesamario, Vegacervera, Villagatón

Para la selección de los municipios representativos se cruzaron los listados de los municipios por categorías y grupos con la información proporcionada por los inventarios de los vertederos controlados y centros de tratamiento. La primera selección consta de los municipios de recogida organizada (es prácticamente imposible tener en cuenta los municipios donde la recogida no esté organizada al realizar este tipo de estudios).

Para realizar la extrapolación de datos, se seleccionaron municipios atendiendo a los siguientes criterios:

- Municipios con centro de tratamiento de RSU, considerando tanto los vertederos controlados como las incineradoras, las plantas de compostaje y las de reciclaje.
- Municipios con vertederos incontrolados incluidos en la categoría 4 de población.
- Municipios con vertederos incontrolados incluidos en la categoría 5 de población.

Como resultado del proceso de clasificación se seleccionaron:

León (Grupo 2U)	Vertedero Controlado
Bembibre (Grupo 4I)	Vertedero Incontrolado
Toral de los Guzmanes (LE-4A)	Vertedero Incontrolado

Los resultados obtenidos tras la depuración de los datos fueron los siguientes;

	Verano	Otoño	Media
Materias combustibles y fermentables (%)			
Materia orgánica	35,3	40,0	37,7
Papeles	26,4	13,0	28,7
Plásticos	12,9	13,0	13,0
Textiles	4,0	3,5	3,7
Maderas	1,3	1,0	1,2
Gomas y Caucho	1,2	1,3	1,2
Materias inertes (%)			
Vidrio	6,8	3,1	4,9
Metales férricos	4,9	3,0	4,0
Metales no férricos	1,0	1,0	1,0
Pilas y Baterías	0,1	<0,1	< 0,1
Tierras y Cenizas	6,1	3,0	4,5
Humedad (%)			
Humedad	44	51	47

Tabla nº 1. Resultados medios de la composición de los R.S.U. del municipio de León

	Verano	Otoño	Media
Mat. Orgánica Total (%)	36,2	74,4	53,3
Mat. Orgánica oxidable(%)	26,4	45,4	35,9
Nitrógeno Total (%)	0,82	2,47	1,65
Relación C/N	21,8	11,4	16,6
P.C.S. (kcal/kg)	2971	4218	3594
P.C.I. (kcal/kg)	1457	1507	1482
Humedad	44	51	47

Tabla nº 2. Resultados medios de la caracterización de los R.S.U. del municipio de León

4 METODOLOGÍA A SEGUIR PARA LA ELECCIÓN DE UNA ESCOMBRERA DE CARBÓN COMO VERTEDERO CONTROLADO DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Para determinar si una escombrera puede utilizarse como vertedero controlado de RSU, se estableció la siguiente metodología, que es aplicable a cualquier escombrera a la que se desee proporcionar este uso.

- Clasificación de escombreras y valoración de aptitud (APTAS/NO APTAS) para el vertido controlado de RSU.
- Realización de estudios geológicos, geotécnicos, hidrogeológicos y ambientales a las escombreras valoradas APTAS. El objetivo de estos estudios es concretar la/s escombrera/s que por factores sociales, económicos y medioambientales resultara/n adecuada/s para su utilización como vertedero controlado de RSU.
- Análisis de compatibilidad de la actividad minera con el vertido controlado de RSU.
- Utilización de los estériles de carbón en la vida operativa del vertedero.

4.1 *Clasificación de escombreras y valoración de aptitud (APTAS/NO APTAS) para el vertido controlado de RSU.*

A continuación se describirán los trabajos realizados para seleccionar las escombreras con posibilidad de albergar un depósito controlado de RSU

4.1.1 Clasificación de escombreras

Los trabajos de clasificación de escombreras se iniciaron a partir de la publicación editada por el Instituto Tecnológico y Geominero de España (I.T.G.E.), "Inventario Nacional de Balsas y Escombreras". En este inventario figuran los siguientes datos:

- Número de la hoja 1:50000 en el que está situada
- Nombre de la escombrera
- Estado (activa, inactiva, abandonada)
- Volumen
- Coordenadas UTM

El primer criterio de selección utilizado fue la **capacidad volumétrica**, habiéndose establecido como volumen mínimo 1.000.000 m³. De las 550 escombreras censadas en la provincia de León, sólo 33 cumplían esta condición.

Estas escombreras se situaron, mediante sus coordenadas UTM, en mapas topográficos 1:200.000. A continuación, se seleccionaron los núcleos urbanos con población superior a 1.000 habitantes y se trazaron sectores circulares, con centros en dichos núcleos y de radio interno 2.5 km y externo 25 km. Se fijaron estos radios, ya que, por razones

sociales, se considera que un vertedero de RSU no puede estar a una distancia inferior a 2.5 km de cualquier núcleo habitado, por los inconvenientes que provoca a la población. En cuanto al radio superior, los estudios realizados sobre ubicación de vertederos, demuestran que una distancia superior a 25 km, encarece considerablemente el transporte de los residuos.

Como resultado de este trabajo, se descartaron aquellas escombreras situadas fuera de los sectores circulares, seleccionando para las visitas posteriores, las escombreras que se indican en la siguiente tabla, en la cual se señalan, también, las poblaciones más cercanas y la distancia la que se encuentran de la escombrera.

Escombrera	Núcleos de población	Distancia (km)
Mora	Villablino	14
	Caboalles de Arriba	20
	Villaseca de Laciana	14
Regalada	Villablino	15
	Caboalles de Arriba	21
	Villaseca de Laciana	15
Amalia	Toreno	3
	Fabero	18
Combustible CIRSA	Bembibre	18
Reguerinas	Bembibre	19
Mora	Villablino	12
	Caboalles de Arriba	18
	Villaseca de Laciana	13
Peña del Castro	La Robla	13
La Voiga	La Robla	14
Pastora - Competidora	La Robla	13
Pozo Herrera 2	Boñar	13
	Cistierna	10
Sabero 8 Transferencia	Boñar	10
	Cistierna	11
Sabero 6 Vertedero S	Boñar	12
	Cistierna	12
Sabero 8 Sur	Boñar	11
	Cistierna	10
Sabero 6 Vertedero N	Boñar	13
	Cistierna	8
Lavadero de Hullera	Cistierna	3
Taranilla	Cistierna	16

Tabla nº 3. *Escombreras seleccionadas del inventario del I.T.G.E.*

Posteriormente se visitaron estas escombreras, lo que puso de manifiesto la necesidad de reestructurar la fase previa debido, principalmente, a la necesidad de obtener una mayor información enfocada a la ejecución de los objetivos del proyecto.

Por ello se decidió examinar las cuencas mineras de la provincia de León y realizar un inventario atendiendo a los siguientes parámetros, que se consideran imprescindibles para la realización del estudio:

Parámetros geográficos y morfológicos

- Geomorfología (vaguada, valle, ladera)
- Estado actual de la escombrera (activa, inactiva, abandonada, restaurada)
- Accesos
- Tipo de acceso (pista asfaltada, pista de tierra, camino)
- Estado del acceso (bueno, regular, malo)
- Anchura del acceso
- Número de núcleos urbanos situados en el sector de influencia (0-3; 3-10; > 10)

Parámetros fisiográficos

- Hidrología (aguas superficiales y subterráneas)
- Características hidrogeológicas del terreno donde se asienta la escombrera (permeable, semiimpermeable, impermeable)
- Entorno vegetal (cultivos, pastos, monte bajo, bosque)

Parámetros constructivos

- Volumen de escombros vertidos
- Capacidad volumétrica estimada
- Canalizaciones de cursos de agua
- Drenajes internos para canalizar lixiviados

Parámetros materiales

- Composición litológica del material vertido
- Granulometría de vertido
- Densidad del material vertido
- Factor de esponjamiento

Parámetros ambientales

- Impacto visual (alto, medio, bajo, nulo)
- Contaminación de suelos por lixiviados
- Contaminación de cauces por lixiviados
- Autocombustión

En el transcurso de los trabajos se decidió incluir en el estudio los huecos mineros abandonados, resultantes de explotaciones mineras a cielo abierto.

En la **Cuenca minera de Ciñera – Matallana** se visitaron un total de 33 escombreras y 3 vertederos.

Para la realización de los trabajos se mantuvieron contactos con la Sociedad Anónima Hullera Vasco Leonesa (S.A.H.V.L.), principal empresa explotadora de la cuenca.

A cada escombrera se le asignó un número y un nombre (si lo tuviese), que se corresponde con el dado por la S.A.H.V.L. A continuación se expone el listado de las escombreras visitadas:

Nº 1	Nº 18: COLADILLA.
Nº 2: SANTA LUCÍA.	Nº 19
Nº 3	Nº 20
Nº 4: PASTORA	Nº 21: MATALLANA ESTACIÓN.
Nº 5: VEGAHONDA	Nº 22
Nº 6: PASTORA	Nº 23
Nº 7: PASTORA	Nº 24: MINA DE PICATÍN
Nº 8: MINA TABLIZA	Nº 25: MINA LARRIÑAGA
Nº 9: MINA AMEZOLA	Nº 26: MINA SAN JOSÉ
Nº 10: PASTORA	Nº 27: MINA SAN JOSÉ
Nº 11: MINA MEDIAVILLA	Nº 28: MATALLANA DE TORÍO
Nº 12	Nº 29: COLLANZO
Nº 13: MINA ROGUERA	Nº 30: VELLINA DE LA TEJERA
Nº 14	Nº 31: BARDAYA
Nº 15	Nº 32: MINA LA ESCONDIDA
Nº 16: VILLAR DEL PUERTO	Nº 33: POZO EMILIO
Nº 17: VALLE DE VEGACERVERA	

Vertederos de residuos sólidos urbanos

VERTEDERO DE LA ROBLA
VERTEDERO DE CÁRMENES
VERTEDERO DE VILLAMANÍN

En la **cuenca minera de Villablino** se visitaron un total de 41 escombreras y 7 explotaciones a cielo abierto.

Para la realización de los trabajos se contó con la colaboración de la empresa Minero Siderúrgica de Ponferrada, S.A.

A continuación se expone el listado de las escombreras visitadas:

Nº 1: LAVADERO	Nº 23: FEISOLÍN
Nº 2; PAULINA	Nº 24: CERRA

Nº 3; ORALLO	Nº 25: ESTE DEL RÍO ALTAR
Nº 4; BOLSADA	Nº 26: LAS BRAÑAS
Nº 5: CALDERÓN	Nº 27: OESTE DEL RÍO ALTAR
Nº 6: TERCERO DE VILLABLINO	Nº 28
Nº 7: EL CASTRO	Nº 29: VALDESEGADAS
Nº 8: LUMAJO	Nº 30: VILLASECA
Nº 9: CARRASCONTE	Nº 31: DEL FUNICULAR
Nº 10: CARRASPAL	Nº 32: MINAS CARRASCONTE
Nº 11: CHAXTRA	Nº 33: VERTEDERO
Nº 12: LAS CONDIAS	Nº 34
Nº 13: VALDEPILAS	Nº 35: DEL TRANSFORMADOR
Nº 14, 15, 16: RODEVIEJAS	Nº 36
Nº 17: PISO 10º DE RODEVIEJAS	Nº 37
Nº 18: PISO 1º DE VALDEPILAS	Nº 38
Nº 19: PISO 4º DE PEÑAS	Nº 39: VALVERDE
Nº 20: BRAÑA DE SAN MIGUEL	Nº 40: VALDERRIAZUELAS
Nº 21: MINAS DE JOMEINI	Nº 41
Nº 22: BOJONTE	

Huecos a cielo abierto

Nº 1: EL SALGUERO	Nº 5: LEITARIEGOS
Nº 2: MINAS FELISA	Nº 6
Nº 3: ALTO DEL COLLADO	Nº 7: DEL TRANSFORMADOR
Nº 4: LAS CHAVIADAS	

4.1.2 Valoración de aptitud (APTAS/NO APTAS) para utilización de escombreras de carbón como vertedero de RSU

Para determinar en primera aproximación la viabilidad de utilización de la escombrera como vertedero controlado de RSU, se diseñó una sencilla aplicación en EXCEL que opera con los valores de los factores parametrizados recogidos en campo, realizando una calificación de la escombrera.

Para el diseño de la Hoja de Cálculo se realizó una división de dichos factores en **excluyentes** y **calificativos**. Los factores que se han considerado excluyentes son aquellos cuya presencia o valor afirmativo implica un rechazo de la escombrera (NO

APTA). Los factores calificativos son aquellos que cuantifican las características de la escombrera, permitiendo una calificación de la misma.

Los factores considerados excluyentes son:

- Distancia de la escombrera a los núcleos urbanos inferior a 2,5 km.
- Escombrera restaurada
- Contaminación de suelos por lixiviados
- Contaminación de cauces por lixiviados
- Fenómenos de autocombustión en la escombrera
- Escombrera ubicada en terreno permeable
- Escombrera ubicada en terreno semipermeable con presencia de aguas subterráneas

En cuanto a los factores calificativos se han considerado los siguientes:

- Hidrogeología
- Hidrología superficial y subterránea
- Entorno vegetal
- Geomorfología
- Presencia de canalizaciones de cursos de agua en el entorno de la escombrera
- Presencia de drenajes internos en la escombrera
- Número de núcleos urbanos situados en el sector de influencia de la escombrera

Para realizar la calificación se ha efectuado una ponderación de dichos factores, lo cual permite calcular una serie de coeficientes V_{M1} , V_{M2} , V_{M3} y V_{M4} que forman parte de una expresión matemática mediante la cual se obtiene la clasificación de la escombrera.

El coeficiente V_{M1} se calcula en función de los factores *hidrogeología*, *hidrología superficial* e *hidrología subterránea*.

$$V_{M1} = \frac{4 \cdot 3 * HIDROGEO * K_1 + HIDROSUP + 2 * K_2 * HIDROSUB}{4 * (1 + K_1 + K_2)}$$

donde $K_1 = 5$ y $K_2 = 6$

Los valores que pueden tomar los factores *HIDROGEO*, *HIDROSUP* e *HIDROSUB* son los siguientes:

HIDROGEO		HIDROSUP		HIDROSUB	
Impermeable	3	Sin aguas superficiales	4	Sin aguas subterráneas	2
Semipermeable	2	Arroyo estacional	3	Surgencias/manantiales/acuíferos	1
Permeable	1	Arroyo permanente	2		
		Río	1		

Así, en el caso de que las condiciones sean las óptimas, que sucederá cuando la escombrera esté localizada sobre un terreno impermeable (3), sin aguas superficiales (4) ni aguas subterráneas (2), se obtiene el máximo valor de V_{M1} que es 1. Para cualquier otro supuesto se obtienen valores inferiores de V_{M1} .

Si el terreno es permeable o semipermeable con aguas subterráneas, no se realiza ninguna calificación indicando directamente que la escombrera es NO APTA.

El coeficiente V_{M2} se calcula en función de los factores *entorno vegetal*, *número de núcleos urbanos situados en el sector de influencia* y *geomorfología* de la escombrera.

$$V_{M2} = \frac{K_1 * VEGE + K_2 * NUCLE + GEOM}{3 * (1 + K_1 + K_2)}$$

donde $K_1 = 15$ y $K_2 = 4$

Los valores que pueden tomar los coeficientes *VEGE*, *NUCLE* y *GEOM* son los siguientes:

VEGE		NUCLE		GEOM	
Monte bajo	3	0-3	1	Ladera	1
Pastos	3	3-10	2	Vaguada	2
Cultivos	2	> 10	3	Valle	3
Bosque	1				

Cuando las condiciones son óptimas, es decir entorno vegetal monte bajo o pastos (3), escombrera situada en un valle (3) y un número de núcleos urbanos en el sector de influencia superior a 10 (3) se obtiene un valor de V_{M2} igual a 1. Para cualquier otro supuesto se obtienen valores de V_{M2} inferiores a la unidad.

El coeficiente V_{M3} se calcula en función de los factores que determinan el tipo y las características de los accesos.

$$V_{M3} = \frac{K_1 * TIPO + \frac{3}{2} * K_2 * ANCHO + ESTADO}{3 * (1 + K_1 + K_2)}$$

donde $K_1 = 4$ y $K_2 = 7$.

Los valores que pueden tomar los coeficientes *TIPO*, *ANCHO* y *ESTADO* se indican a continuación:

	TIPO		ANCHO		ESTADO
Pista asfaltada	3	> 1,5 A	2	Bueno	3
Pista tierra	2	< 1,5 A	1	Regular	2
Camino	1			Malo	1

El valor 1 de V_{M3} se obtiene cuando el acceso es una pista asfaltada (3), ancha (2) y en buen estado (3). Cualquier otro supuesto proporciona un valor de V_{M3} inferior a la unidad.

El coeficiente V_{M4} tiene en cuenta la presencia de canalizaciones de cursos de agua en el entorno de la escombrera y la presencia de drenajes internos.

$$V_{M4} = \frac{K_1 * CANA + DREN}{2 * (1 + K_1)}$$

donde $K_1=3$.

Los valores que pueden tomar los coeficientes *CANA* y *DREN* son los siguientes:

	CANA		DREN
YES	2	YES	2
NO	1	NO	1

Por último, obtenidos los valores de V_{M1} , V_{M2} , V_{M3} y V_{M4} , la **NOTA** o **CALIFICACIÓN** se obtiene a partir de:

$$NOTA = \frac{NOTA_1 - 55,139}{44,861} * 100$$

Donde $NOTA_1 = \frac{Z_1 * V_{M1} + Z_2 * V_{M2} + Z_3 * V_{M3} + V_{M4}}{(1 + Z_1 + Z_2 + Z_3) * 100}$ $Z_1=60; Z_2=35$ y $Z_3=4$

Como es evidente la escombrera con mejor CALIFICACIÓN será la más adecuada, a priori, para la instalación de un vertedero.

Las escombreras que en este proceso han resultado APTAS han sido:

Cielo Abierto Nº 4; Las Chaviadas

Escombrera Nº 5; Calderón

Escombrera Nº 17; Piso 10 de Rodeviejas

Escombrera Nº 18; Piso 1º de Valdepilas

Escombrera Nº 25; Este del río Altar

Escombrera Nº 6; Pastora

Escombrera Nº 5; Mina Amézola

Escombrera Nº 13; Mina Roguera

En la figura nº 1, se recoge un modelo de la hoja de cálculo.

4.2 Estudios realizados a las escombreras APTAS

4.2.1 Realización de estudios geológicos, geotécnicos y medioambientales a las escombreras APTAS.

En una primera fase se realizó un estudio geológico y geotécnico de carácter general de las cuencas mineras de Ciñera - Matallana y Villablino.

La **caracterización geológica** incluye:

- Situación geográfica y encuadre geológico
- Estratigrafía
- Tectónica
- Geomorfología
- Hidrogeología
- Mapa Geológico, a escala 1:25.000

La **caracterización geotécnica** incluye:

- Características Geológicas
- Características Hidrológicas
- Características Geomorfológicas
- Capacidad de Carga

Cielo abierto nº 1. EL SALGUERO

PARÁMETROS EXCLUYENTES

1ª Distancia al núcleo urbano SUPERIOR a 2,5 km SI NO

FIN DE PROCESO. NO APTA

2ª Estado actual de la escombrera Restaurada ▼

FIN DE PROCESO. NO APTA

3ª Contaminación suelos por lixiviados SI NO

4ª Contaminación cauces por lixiviados SI NO

5ª Autocombustión SI NO

PARÁMETROS CALIFICATIVOS

Hidrogeología Permeable ▼

Hidrología superficial Arroyo permanente ▼

Hidrología subterránea Surgencias/Manantiales/Acuíferos ▼

IMPOSIBLE CONTINUAR. TERRENO PERMEABLE

Entorno vegetal Cultivos Pastos Monte Bajo Bosque

Geomorfología Ladera ▼

Canalizaciones de cursos de agua SI NO

Drenajes internos para canalizar lixiviados SI NO

Núcleos urbanos situados en el sector de influencia 0-3 3-10 superior a 10

ACCESOS

Tipo Pista asfaltada Pista de tierra Camino

Estado Bueno Regular Malo

Anchura del acceso >= 1,5 A < 1,5 A

CALIFICACIÓN NO APTA

En una segunda fase se realizaron los siguientes estudios a las escombreras y huecos a cielo abierto calificados APTAS, en la fase anterior.

- ♦ Emplazamiento y accesibilidad
- ♦ Geología e hidrogeología
 - Mapa Geológico de la escombrera
 - Corte Geológico de la escombrera
 - Representación gráfica de la columna estratigráfica
 - Descripción de la columna estratigráfica
 - Columna litológica
- ♦ Hidrología superficial
- ♦ Hidrología subterránea
- ♦ Geotecnia
- ♦ Medio Ambiente

Para realizar el estudio de evaluación de impacto ambiental se elaboró un inventario de las posibles alteraciones ambientales que se producirían al utilizar una escombrera como vertedero de RSU. Estas alteraciones se plasmaron en una matriz, particularizada para cada escombrera considerada APTA.

Posteriormente se realizó una caracterización cualitativa de los impactos originados por cada una de las distintas operaciones implicadas en la explotación de un vertedero de RSU en escombreras de carbón, para lo que se ha utilizado una matriz que recoge en las filas los posibles ámbitos de alteración (elementos, características y procesos ambientales), y en las columnas, las características de los impactos potenciales, el dictamen de las características apuntadas y la valoración del efecto de la acción.

Debe tenerse en cuenta que esta valoración es una estimación cualitativa, preliminar y genérica de impactos; su objetivo se limita a poner de relieve, por una parte, los puntos fundamentales a considerar en su evaluación, y por otra, las operaciones que la realización del vertido de RSU generalmente producen mayor alteración en las escombreras consideradas como APTAS, así como la importancia relativa de esos impactos.

De éste modo, se puede llegar a determinar cual es la escombrera más adecuada para albergar un vertedero controlado de RSU.

Para evaluar la dimensión real de los impactos que se producen en cada caso concreto, será necesario realizar estudios detallados que tengan en cuenta las características particulares del binomio actividad - medio.

En lo referente al medio físico, el impacto ambiental depende de la **"calidad"** (la supresión de calidad supone un "coste ecológico" proporcional al "valor" afectado) y de la **"fragilidad"** (grado de susceptibilidad al deterioro) del territorio en el que se realice la actividad.

La identificación y caracterización de impactos marcan los puntos y problemas que pueden y/o deben abordar los proyectos de restauración.

Para proceder a la caracterización se construyeron tres matrices de identificación de impactos, que se corresponden con la fase de infraestructura, fase operacional y fase de clausura y sellado. Este es el sistema óptimo para caracterizar los impactos, ya que estos varían de una fase a otra del proyecto. Como en la fase de exploración e investigación no se producen impactos significativos, no se ha realizado matriz de impacto para esta fase.

También se calculó el **índice de calidad del emplazamiento** y el **índice simplificado de impacto ambiental**, aplicando las siguientes expresiones:

Índice de calidad de un emplazamiento (Q_e)

$$Q_e = \alpha * (\beta * \theta)^{(\delta + \eta)}$$

Donde:

α = factor de alteración de la capacidad portante del terreno debido al nivel freático.

β = factor de resistencia del cimiento de implantación (suelo o roca).

θ = factor topográfico o de pendiente.

η = factor relativo al entorno humano y material afectado.

δ = factor de alteración de la red de drenaje existente.

El **índice simplificado de impacto ambiental** se calculó a partir de las expresiones de cálculo del **impacto sobre el medio físico y socioeconómico** y del **impacto visual y paisajístico**.

Impacto sobre el medio físico y recursos naturales (I_m)

$$I_m = (i_v + i_a + i_w + i_f)$$

Donde:

i_v = factor de impacto sobre la vegetación natural.

i_a = factor de impacto sobre la calidad del aire.

i_f = factor de impacto sobre la vida animal (caza, pesca, ganadería, etc.).

i_w = factor de impacto sobre la calidad de las aguas superficiales y subterráneas.

Impacto paisajístico y visual (I_p)

$$I_p = (i_c + i_r + i_n) * (\pi + v)$$

Donde:

i_c = factor de impacto por diferencia de coloración con el entorno físico.

i_r = factor de impacto sobre la morfología o relieve del entorno físico.

i_n = factor de impacto respecto a la naturaleza del depósito y su relación con el entorno.

π = personalización del impacto visual y paisajístico en posibles observadores.

v = calidad paisajística previa a la implantación del proyecto.

Índice simplificado de impacto ambiental / Evaluación global (I_g)

$$I_g = I_m + 0,5 * I_p$$

Para calcular el índice simplificado de impacto ambiental, se ha proporcionado mayor peso a la incidencia sobre el medio físico que a la correspondiente al paisaje. Esta decisión se puede justificar por la mayor trascendencia a largo plazo de los impactos del primer tipo.

4.3 Análisis de la compatibilidad de vertido

En la actualidad cada municipio de las cuencas mineras de Ciñera – Matallana gestiona sus propios residuos y disponen de sus propios vertederos (controlados o incontrolados), lo que a priori no parece un sistema de gestión óptimo debido a la proximidad entre los municipios y al volumen de residuos generados.

La utilización de una escombrera como vertedero permitiría unificar el vertido de todos estos municipios en un solo punto. Además, puesto que la distancia de los núcleos de población de ambas cuencas a las escombreras seleccionadas es inferior a 20 km, bastaría con establecer un sistema mancomunado de transporte, siendo innecesaria la creación de estaciones de transferencia.

Sin embargo, al establecer el lugar de vertido en un solo punto (escombrera) en el que se depositarían los residuos de toda la mancomunidad, la frecuencia de transporte de residuos a la escombrera sería elevada, lo cual podría interceder en la actividad minera, en el caso de que la escombrera estuviese activa (p.e. Escombrera Pastora, Ciñera – Matallana).

Por ello se concluye que a no ser que se instauraran acuerdos empresa minera – municipios, y se establecieran calendarios de vertido de ambos tipos de residuos para que no coincidiesen en espacio y tiempo, no es viable la utilización de escombreras en activo, principalmente porque no se considera factible simultanear el vertido, porque al

tratarse de residuos de características físico – químicas diferentes, se estarían añadiendo a los residuos mineros unos factores negativos de los que carecían de antemano, lo que imposibilitaría una gestión adecuada de los residuos. No hay que olvidar que cuando se diseñó la escombrera no se tuvo en cuenta la posibilidad de almacenar otro tipo de residuos.

Los vertederos controlados se comportan como un digestor anaerobio, en el cual, a través de una serie de procesos físicos, químicos y principalmente microbiológicos (fermentación anaerobia) que tienen lugar en el interior de la plataforma de vertido dan como resultado la aparición de una mezcla de gases o biogas y un líquido con una elevada carga orgánica y por consiguiente de alto poder contaminante, a la vez que maloliente, conocido como "lixiviado".

La composición media del biogas es la siguiente (% en volumen):

–50-60% de CH₄

–30-40% de CO₂

–10% de H₂, O₂, H₂S, N₂, H₂O, organoclorados, mercaptanos,...

El metano confiere al biogas un valor energético. Así 1 m³ de biogas con un contenido en metano del 60% tiene un poder calorífico alrededor de las 5.500 kcal/m³. La densidad del metano es de 1,2 kg/m³, por lo que es menos denso que el aire. Su temperatura de inflamación es de 600°C.

La extracción del biogas se considera necesaria desde el punto de vista medioambiental y en muchos casos también desde el punto de vista energético. Estos gases generados se desplazan por la masa de vertido, alcanzan la superficie y fluyen al exterior. Por tanto, desde el punto de vista medioambiental es importante su extracción ya que se eliminan:

- Posibles riesgos de explosiones al alcanzar concentraciones críticas determinados gases que lo componen (CH₄ en este caso) al ser reactivos con el oxígeno del aire en determinadas proporciones.
- Posibles riesgos de incendios, sobre todo en días de altas temperaturas.
- Posibles daños en la vegetación de la zona ya que este gas desplaza el aire del suelo e impide el correcto desarrollo de las plantas (no se debe de plantar en la superficie de un vertedero si previamente no ha sido desgasificado).
- También se elimina la producción de olores desagradables, debido a la presencia en el biogas de compuestos, que si bien están presentes en pequeñas proporciones, tienen el inconveniente de ser extremadamente malolientes. Tal es el caso del H₂S y de los mercaptanos, principalmente.

Por otra parte, los fenómenos de autocombustión de escombreras son conocidos por todos, afectando a la combustión espontánea los siguientes parámetros; temperatura, presencia de pirita, rango del carbón (los carbones de bajo rango son más reactivos ya que tienen un menor contenido en carbono pero un mayor contenido en oxígeno que los de alto rango), la humedad, el tamaño de partículas y la proporción de huecos (favorece la autocombustión una granulometría intermedia).

Para compatibilizar el vertido de este tipo de residuos sería conveniente seguir la siguiente secuencia de deposición:

- Capa de estériles de carbón y compactación de la misma
- Capa de material impermeable que evite que el oxígeno entre en contacto con los estériles de carbón ya depositados.
- Capa de residuos sólidos urbanos y compactación
- Cubrición de los residuos con material impermeable

Por supuesto, como ya se ha señalado, sería necesario proceder a la instalación de equipos para la recogida del biogas, para evitar posibles explosiones que podrían alcanzar a los estériles de carbón produciendo la autocombustión del vertedero – escombrera.

También hay que añadir que, probablemente, se inducirían problemas de tipo laboral y social al estar sometidos los operarios de mina a unas condiciones laborales diferentes a las de origen.

En el caso de escombreras inactivas o abandonadas también se presentan factores negativos que dificultan la instalación de un vertedero de RSU.

Para su utilización y suponiendo que las características geológicas e hidrológicas del subsuelo sean las idóneas, la morfología de la escombrera debería ser en vaguada o rellenando un hueco, y que tanto el valle donde se encuentra la escombrera o el hueco, no estuviesen colmatados.

Como habría que acondicionar el espacio, la presencia de residuos mineros probablemente dificultaría las labores, lo que supondría un incremento de los costes, por lo que tan sólo en el caso de que no hubiese otros espacios disponibles, podría ser posible su utilización, si los estudios específicos posteriores lo apoyan.

De las 74 escombreras visitadas, solamente 3 cumplen a priori las condiciones óptimas para su uso como vertedero, por ello también se visitaron huecos abandonados de mina, que parece una opción de mayor viabilidad para los objetivos del proyecto, al permitir utilizar las infraestructuras creadas para la mina y parte de los residuos mineros generados en explotaciones cercanas. Por otro parte, cuando el hueco estuviese colmatado, podría someterse a un Plan de Restauración con lo cual el entorno,

anteriormente degradado por la actividad minera, recuperará sus condiciones ambientales iniciales y habrá prestado un doble servicio a la sociedad.

4.4 Utilización de los estériles de carbón en la vida operativa del vertedero

Los residuos mineros de la minería del carbón provienen de la extracción y preparación del carbón, es decir, son los que se producen en las explotaciones a cielo abierto, en los trabajos subterráneos y en los procesos de separación del carbón de la ganga (lavado).

Los estériles del carbón, según la clasificación de González Cañibano y García García, se dividen en estériles de mina y estériles de lavadero.

Los estériles de mina proceden de los trabajos en roca y representan, aproximadamente, el 10% de los estériles generados en las explotaciones del carbón. Se caracterizan por una granulometría irregular y no estar degradados.

Los estériles de lavadero representan un 90% de los estériles generados. Se caracterizan por poseer unas composiciones granulométricas, mineralógicas y químicas muy regulares y no estar degradados ni disgregados. Si dividen en *gruesos* (> 150 mm), *granos* (150 – 10 mm), *menudos* (10 – 1 mm) y *finos* (< 1 mm).

Los *gruesos* y *granos* pueden utilizarse para separar tongadas de RSU. Una vez distribuida la tongada de estériles, se recomienda proceder a la compactación de la misma para evitar que se produzca combustión espontánea. La compactación enérgica disminuye el número de huecos en la capa, de forma que se imposibilita la presencia de aire para provocar el inicio de las reacciones. Hay que señalar que en la totalidad de las escombreras visitadas, no se han detectado problemas de autocombustión.

Los *menudos* podrían utilizarse para la impermeabilización de la cubeta del vertedero, ya que los estudios de permeabilidad realizados a la fracción comprendida entre los 200 mm y 0,5 mm, proporcionan valores de permeabilidad que oscilan entre 10^{-2} y $5 \cdot 10^{-6}$ cm/s correspondiendo los valores más bajos a los estériles que presentan una granulometría más fina.

En caso de darles este uso se recomienda realizar ensayos de permeabilidad en campo, ya que los valores que se obtienen con los ensayos de laboratorio son inferiores. Ello se debe a que el material es heterogéneo e isótropo, por lo que la permeabilidad no es la misma en todas las direcciones y los ensayos de laboratorio son una medida de la permeabilidad en la dirección vertical, mientras que el valor que se obtiene en campo es la medida de la permeabilidad en todas las direcciones.

Los denominados finos, poseen, en algunos casos, una proporción menor a 0,08 mm superior al 60%, lo cual junto con su elevada humedad, > 25%, les hace prácticamente inservibles por si solos o a menos que sufran un tratamiento de secado.

Los *finos* (< 0,5 mm) se emplearían en la fase de sellado del vertedero, ya que se ha comprobado que los estériles de carbón son buenos fertilizantes y acondicionantes del

suelo. Estos estériles no influyen negativamente en el estado agroquímico del suelo, intervienen positivamente en la formación de compuestos de humus y mejora la calidad del producto cosechado.

Los ácidos húmicos presentes en los estériles de carbón son los que favorecen la nutrición vegetal. Estos ácidos intervienen en la formación de complejos orgánico - minerales y actúan como catalizadores y estimulantes del crecimiento vegetal. También mejoran la estructura del suelo favoreciendo la descomposición de las sustancias minerales y la formación de CO₂.

5 CONCLUSIONES

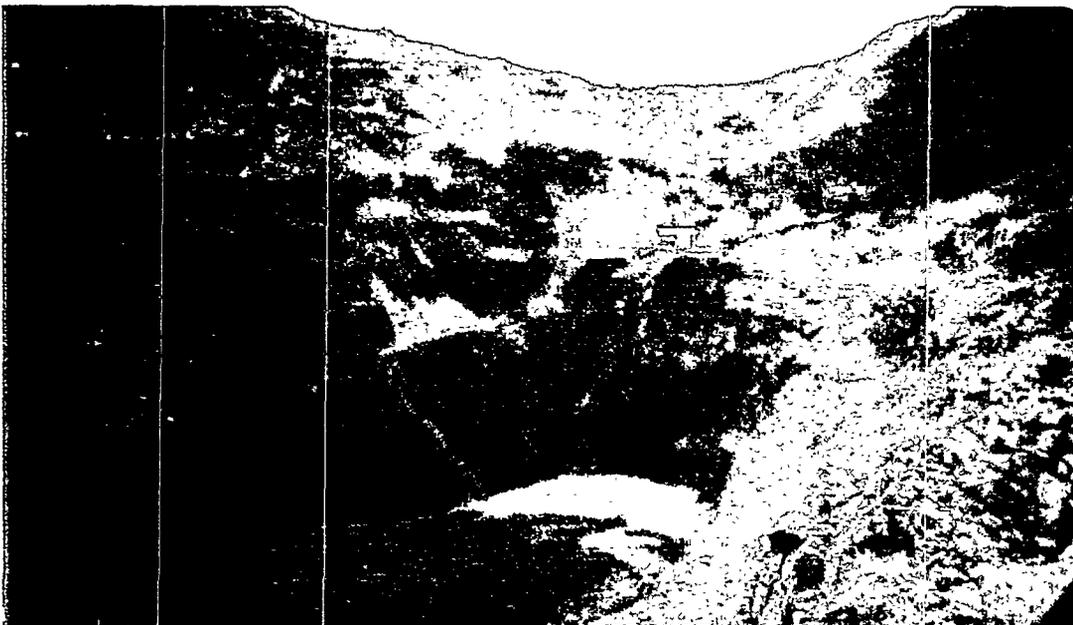
Como resultado de las investigaciones realizadas se han obtenido las siguientes conclusiones:

- ***Tan sólo dos emplazamientos han resultado óptimos para el vertido de R.S.U.; escombrera nº 13; Mina Roguera (Ciñera - Matallana) y el cielo abierto nº 4, Las Chaviadas (Villablino)***

Escombrera nº 13. Mina Roguera

La utilización del emplazamiento de esta escombrera, y del hueco minero asociado a la misma, como vertedero de R.S.U, se ha considerado como el más adecuado, ambiental y económicamente, por las siguientes razones:

- No se producen afecciones en los acuíferos de la cercana llanura aluvial del arroyo de Ciñera, debido a que el material del substrato de la escombrera y del hueco minero asociado es totalmente impermeable y no presenta discontinuidades (fallas, etc.) que pongan en contacto el vertedero con los acuíferos existentes. Esto evita tener que realizar impermeabilizaciones de terrenos para evitar infiltraciones, lo cual disminuye el coste económico y ambiental del proyecto.



- Debido al aislamiento que presenta este emplazamiento respecto a los núcleos urbanos, vías de comunicación y a las partes activas de las explotaciones mineras en activo (cielo abierto de Pastora), la realización del vertedero de R.S.U no produciría molestias ni perjuicios a las poblaciones cercanas, ni interferiría de forma significativa sobre la actividad minera del entorno.

- Como los terrenos sobre los que se asentaría el vertedero de R.S.U (escombrera y hueco minero) carecen de suelo y de vegetación, las afecciones sobre estos medios serían mínimas, localizadas y no causarían impactos significativos.
- Dada la elevada degradación que presentan el entorno y el paisaje, la utilización de la escombrera como vertedero no causaría impactos significativos sobre ellos. Se puede incluso afirmar, que debido al relleno que se producirá de los huecos abandonados y mediante la aplicación del Plan de Restauración del vertedero, se logrará una recuperación paisajística del entorno.
- La presencia de buenas vías de acceso (pista asfaltada) de las antiguas explotaciones mineras, disminuye los costes de realización de infraestructuras. Por otra parte se dispone de electricidad, agua e instalaciones ya construidas (casetas, etc), lo que minora otros costes del proyecto.

Cielo abierto nº 4. Las Chaviadas

En el denominado Hueco 2 de la explotación a cielo abierto se encuentra situado, topográficamente, por encima de la cuenca de recepción de aguas de los cursos fluviales que drenan la zona, por lo que no discurre por él ningún cauce de agua superficial, ni tampoco por las proximidades. Tampoco hay acuíferos ya que el substrato es impermeable, lo cual es favorable para la instalación de un vertedero controlado de R.S.U.

Por otra parte, a causa de las antiguas labores mineras realizadas, el suelo y la vegetación del entorno han desaparecido, por lo que disminuye apreciablemente el riesgo de que se produzcan afecciones significativas sobre estos elementos.

Respecto a las modificaciones del entorno y del paisaje; dada la elevada degradación que presenta el mismo, la ubicación del vertedero no causaría impactos significativos sobre ellos. Se puede incluso afirmar, que debido al relleno que se producirá de los huecos abandonados y a la posterior aplicación del Plan de Restauración del vertedero, se logrará una recuperación paisajística del entorno.

Por tanto y debido a las particulares condiciones ambientales citadas, se considera un emplazamiento más favorable que los anteriores para el vertido de R.S.U. Los costes económicos asociados también serían menores, al simplificarse un gran número de operaciones y de las medidas protectoras a realizar (eliminación de los costes económicos y ambientales de la creación de huecos, reducción de los movimientos de tierras, reducción de los costes de conservación de suelos, canalizaciones de cursos de aguas superficiales, impermeabilizaciones, etc.).



Los mayores inconvenientes, para la realización de un vertedero de R.S.U en este emplazamiento, serían:

- La ausencia de electricidad, agua y teléfono en la zona. Estos elementos son necesarios para la puesta en funcionamiento de un vertedero.
 - La presencia de abundantes precipitaciones en forma de nieve durante el invierno, puede llegar a bloquear las pistas de acceso al vertedero, lo que obligaría a realizar un mantenimiento adecuado de las pistas durante el invierno.
 - El posible rechazo social que el proyecto generaría en los habitantes de la comarca. Este cielo abierto se encuentra abandonado en la actualidad debido a un contencioso judicial que mantienen los habitantes de uno de los municipios propietarios del monte, contra la empresa explotadora. El conflicto se ha originado por el rechazo de la población a las explotaciones mineras a cielo abierto, por el deterioro ambiental y paisajístico que causa esta minería. Es de suponer que la población, actualmente muy sensibilizada, también se opondría al uso del hueco como vertedero.
- ***La utilización de una escombrera activa como vertedero de R.S.U. puede plantear serios problemas operativos y laborales a la mina y a la empresa encargada de la gestión de los residuos.***

- ***La utilización de escombreras abandonadas, plantea numerosos problemas de acondicionamiento del espacio a ocupar por el vertedero.***
- ***La utilización de minas a cielo abierto abandonadas es factible, si los estudios geológicos, geotécnicos, hidrogeológicos y medioambientales son favorables.***
- ***Es posible el uso de estériles de mina en las diferentes fases operativas del vertedero.***

La metodología de evaluación desarrollada durante el proyecto se considera satisfactoria, por lo que no se considera necesario continuar las investigaciones en este campo.

Esta metodología podría utilizarse en el futuro para el estudio de ubicación de vertederos de R.S.U. en otras cuencas mineras, especialmente si no hay otros emplazamientos adecuados, lo cual no sucede en la actualidad.

6 BIBLIOGRAFIA

- ITGE (1995), "Manual de Reutilización de Residuos de la Industria Minera, Siderometalúrgica y Termoeléctrica."
- PRINCIPADO DE ASTURIAS, Consejería de Medio Ambiente y Urbanismo: "La Gestión de los Residuos en Asturias, 1982-1993"
- MOPT (1992). "Estudio de caracterización y composición de los RSU en las Comunidades Autónomas de Castilla y León y Extremadura."
- MOPT (1992). "Mejoras Técnicas al proyecto de construcción de un vertedero de RSU para el consorcio del Guadiel."
- MOPT (1992) "Residuos Sólidos Urbanos"
- MOPT (1990). "Estudio de actualización de los RSU en España."
- MOPT (1989). "Proyecto de construcción de un vertedero de RSU para el consorcio del Guadiel."
- MOPT (1985). "Inventario y análisis medio - ambiental de los vertederos de RSU en las provincias de León y Palencia".
- ITGE (1986), "Manual para el diseño y construcción de escombreras y presas de residuos mineros."
- MOPT (1983). "Estudio E-1 para la organización de la gestión de RSU en Asturias."