



REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY  
OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO  
DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE DESARROLLO



**Plan Director**  
**Noviembre 2005**

## **TOMO IV: Residuos de Obras Civiles**

# **Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana**

**PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
TERCERA ETAPA SUBPROYECTO - B**



**FICHTNER**

A S O C I A C I O N





## Contenido

<b>1</b>	<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>1</b>
1.1	<i>INTRODUCCIÓN .....</i>	<i>1</i>
1.2	<i>PRESENTACIÓN GENERAL Y DEL TOMO IV EN PARTICULAR.....</i>	<i>1</i>
1.3	<i>PRINCIPIOS.....</i>	<i>3</i>
1.4	<i>OBJETIVOS.....</i>	<i>4</i>
1.5	<i>TIPOS DE ROC .....</i>	<i>4</i>
1.6	<i>SITUACIÓN IDENTIFICADA EN LOS ESTUDIOS BÁSICOS .....</i>	<i>5</i>
1.7	<i>PROYECCIÓN DE CANTIDADES.....</i>	<i>6</i>
1.8	<i>RECOMENDACIONES PARA UN MANEJO INTEGRAL DE LOS ROC.....</i>	<i>6</i>
1.8.1	Responsabilidad operativa y regulación .....	6
1.8.2	Propuesta institucional .....	7
1.8.3	Propuesta técnica.....	8
1.9	<i>COSTOS DEL SISTEMA .....</i>	<i>11</i>
1.10	<i>PLAN DE ACCIONES.....</i>	<i>11</i>
<b>2</b>	<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>15</b>
2.1	<i>PRESENTACIÓN GENERAL .....</i>	<i>15</i>
2.2	<i>ESTRUCTURA DEL TOMO IV.....</i>	<i>15</i>
2.3	<i>PRINCIPIOS.....</i>	<i>17</i>
2.4	<i>OBJETIVOS.....</i>	<i>19</i>
2.4.1	Objetivos generales.....	19
2.4.2	Objetivos específicos .....	19
<b>3</b>	<b>RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS BÁSICOS .....</b>	<b>23</b>
3.1	<i>CANTIDAD DE ROC Y SU PROYECCIÓN .....</i>	<i>23</i>
3.2	<i>CONCLUSIONES LEGALES INSTITUCIONALES.....</i>	<i>25</i>
3.3	<i>GESTIÓN ACTUAL DE LOS ROC.....</i>	<i>26</i>
3.4	<i>CONCLUSIONES OPERATIVAS.....</i>	<i>26</i>
3.5	<i>CONCLUSIONES AMBIENTALES .....</i>	<i>27</i>
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS .....</b>	<b>29</b>
4.1	<i>ALTERNATIVAS TÉCNICAS .....</i>	<i>29</i>

4.1.1	Residuos generados en obras civiles y su posible destino .....	30
4.1.2	Reducción y reutilización .....	32
4.1.3	Clasificación .....	35
4.1.4	Valorización de ROC .....	43
4.1.5	Disposición final .....	59
4.1.6	Recolección y transporte .....	64
4.1.7	Indicadores de seguimiento y control .....	68
4.2	<i>ALTERNATIVAS INSTITUCIONALES Y LEGALES</i> .....	68
4.2.1	Definición del generador de ROC .....	70
4.2.2	Definición de los organismos responsables de la gestión (regulación y responsabilidad operativa) .....	71
4.2.3	Definición de actores, funciones y responsabilidades .....	74
4.2.4	Definición de permisos y habilitaciones para realizar el control y seguimiento de la gestión en el Área .....	76
4.3	<i>REGULACIONES A IMPLEMENTAR</i> .....	79
4.3.1	Modificaciones a nivel municipal .....	80
4.3.2	Otras medidas recomendadas .....	81
<b>5</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA RECOMENDADO</b> .....	<b>85</b>
5.1	<i>REDUCCIÓN Y REUTILIZACIÓN DE ROC</i> .....	85
5.2	<i>CLASIFICACIÓN</i> .....	85
5.3	<i>VALORIZACIÓN</i> .....	86
5.4	<i>UTILIZACIÓN DEL MATERIAL TRATADO</i> .....	86
5.4.1	Utilización en caminería del SDF .....	86
5.4.2	Utilización como relleno en terrenos .....	86
5.4.3	Utilización para recuperar pasivos ambientales .....	87
5.5	<i>DISPOSICIÓN FINAL</i> .....	87
5.6	<i>RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE</i> .....	87
5.7	<i>ASPECTOS INSTITUCIONALES</i> .....	88
5.7.1	Control y seguimiento de la gestión de ROC .....	89
5.8	<i>MARCO NORMATIVO</i> .....	90
<b>6</b>	<b>PLAN DE ACCIÓN DE LOS ROC</b> .....	<b>91</b>
6.1	<i>DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES</i> .....	91
6.1.1	Refuerzo institucional y legal .....	91

6.1.2	Infraestructura fomentada por las autoridades para el desarrollo del Plan .....	93
6.1.3	Actividades de los generadores y operadores de servicios .....	94
6.2	<i>CRONOGRAMA DEL PLAN DE ACCIÓN Y MARCO LÓGICO</i> .....	95
6.3	<i>FICHAS DE ACTIVIDADES</i> .....	98
	<i>BIBLIOGRAFÍA</i> .....	113
	<i>GLOSARIO</i> .....	115
	<i>ABREVIATURAS</i> .....	119
	<i>ÍNDICE DE TABLAS</i> .....	121
	<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i> .....	121



# 1 Resumen Ejecutivo

## 1.1 Introducción

La elaboración del **Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana (PDRS)** es parte del Subprograma B del Programa de Saneamiento de Montevideo y Área Metropolitana – Etapa III (PSU-III).

Con base en el conjunto de análisis realizados en los Estudios Básicos, el Consultor desarrolló, en coordinación con el Comité Asesor del proyecto, los contenidos del Plan Director según las actuales reglas del arte. El PDRS busca formular una estrategia para un manejo integral y sostenible de los Residuos Sólidos en el AMM, que abarque todos los residuos sólidos generados en ésta.

## 1.2 Presentación general y del Tomo IV en particular

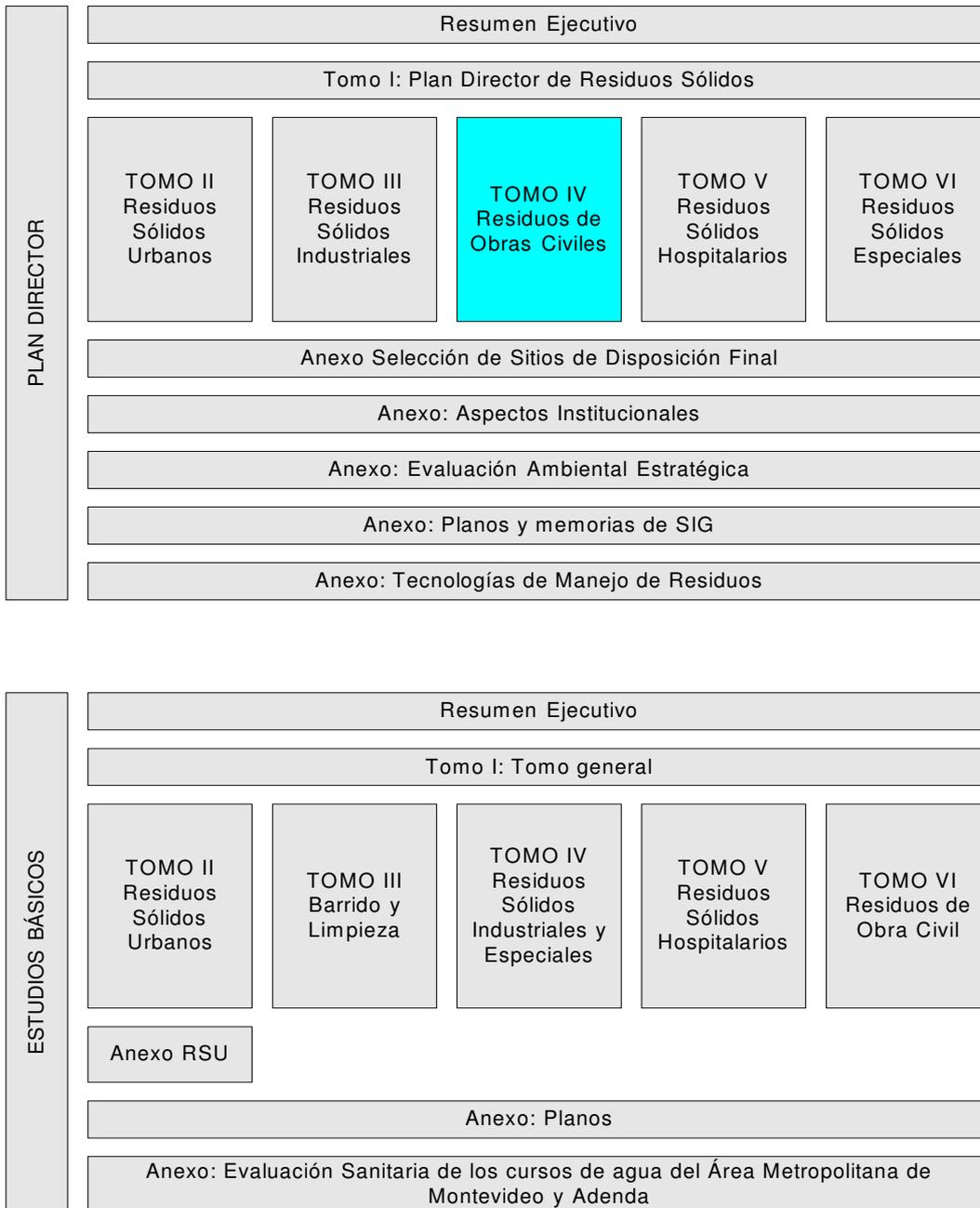
El PDRS se compone de diferentes tomos en los que se tratan los grupos principales de residuos sólidos y el Tomo I Plan Director, en el que se reúnen los resultados más importantes a destacar así como las recomendaciones y acciones resultantes que, desde el punto de vista del Consultor, deberían ser aplicadas dentro del plazo para el cual fue diseñado el Plan, (20 años).

Los tomos están complementados por anexos que dan información de base, válida para todos los tipos de residuos o profundizan aspectos en relación a temas específicos, a fin de llegar a las recomendaciones más adecuadas.

El presente tomo es el número IV y analiza en profundidad alternativas y diseño del sistema para los Residuos Sólidos de Obras Civiles (ROC). Estos residuos, debido a sus importantes cantidades y sus propiedades específicas requieren una gestión separada y especial lo cual fue desarrollado en el presente tomo.

La siguiente Figura 1-1 muestra la relación entre el presente tomo (en color celeste), que abarca el estudio de los Residuos Sólidos de Obras Civiles (ROC) y el resto de los Tomos y anexos que conforman el Plan Director. Además presenta la estructura de los Estudios Básicos que sirvieron como base para la realización del P D.

**Figura 1-1: Esquema del Plan Director**



En los capítulos de este tomo se tratan los siguientes temas:

- Principios y objetivos en que se basa el análisis y recomendaciones posteriores
- Definición de los ROC
- Resumen de las conclusiones de los Estudios Básicos

- Análisis de alternativas técnicas y institucionales con recomendaciones para la propuesta del sistema de los ROC y la implementación de su normativa
- Plan de Acciones para las propuestas del tomo IV.

Este Resumen Ejecutivo, describe de forma corta y resumida, todos los análisis y recomendaciones del tomo y permite así tener una visión general de la gestión recomendada para estos residuos.

### 1.3 Principios

Para la elaboración del Plan Director se tomaron en consideración los siguientes principios internacionalmente reconocidos en la gestión de residuos sólidos, los que serán desarrollados más ampliamente en el punto 2.3 del capítulo 2:

- Principio de jerarquía de la gestión de residuos, de la Agenda 21:
  - Reducir al máximo la producción de residuos
  - Reciclar un máximo de residuos, en función del mercado y los costos para su tratamiento alternativo y disposición final
  - Tratar los residuos no admitidos en disposición final y
  - Solamente como ultima solución, disponer los residuos
- Principio contaminador-pagador o generador-pagador  
Se trata de uno de los principios más conocidos de la gestión ambiental y que normalmente se conoce bajo la consigna “el que contamina paga”
- Principio de la reducción de desechos peligrosos de la Agenda 21
- Principio de prevención y previsión, exigido por la LGPA
- Principio de claridad y sencillez  
Principio que permitirá una mejor comprensión de todos los actores involucrados
- Principio de flexibilidad del plan  
El Plan Director no debe ser un instrumento fijo, inamovible, sino tiene que ser adaptado periódicamente a nuevas situaciones, conocimientos y soluciones
- Principio de transparencia  
Un plan transparente hacia el público y entendible, obtendrá el mayor apoyo de la población y de otros generadores
- Principio de mejora continua del sistema  
La aplicación de un Plan Director requiere una implementación por etapas con revisiones continuas de las mismas, buscando siempre una mejora en la situación ambiental y social del sistema a implementar.

## 1.4 Objetivos

Los objetivos del PDRS se desagregan en objetivos generales y objetivos específicos. Los primeros son válidos para todos los residuos sólidos y los segundos se refieren directamente a la gestión de determinados residuos específicos.

Los **objetivos generales** para los ROC son:

- Contar con una gestión de Residuos Sólidos de Obras Civiles eficaz, eficiente y ambientalmente sustentable
- Minimizar los impactos ambientales y a la salud que puedan producirse
- Integrar de forma armónica la gestión de los ROC con la gestión de los demás residuos sólidos y el resto de las actividades de desarrollo ambiental, productiva y de la salud pública del país.

Los **objetivos específicos** son:

- Contar con una adecuada gestión que permita establecer roles, funciones y responsabilidades a los actores del sistema de manejo de ROC.
- Lograr la formalización del sistema en forma controlada.
- Determinar, facilitar, inducir y controlar la construcción de la infraestructura mínima necesaria para el funcionamiento del sistema, de los ROC teniendo en cuenta los costos.
- Lograr una separación de los ROC de otros tipos de residuos.
- Reutilizar y reciclar los ROC.
- Reducir la cantidad de ROC contaminados que se depositan en rellenos sanitarios
- Evitar la disposición de ROC en las márgenes de los cursos de aguas y los vertidos mezclados con otros residuos.

## 1.5 Tipos de ROC

Los ROC se dividen en tres tipos:

- **Residuos de construcción y demolición (RCD):** Son residuos mayoritariamente inertes con posibles contenidos (aproximadamente 10%) de otros materiales usados en la construcción (madera, plásticos, pinturas etc.). Actualmente, debido a la forma de su manejo, también están contaminados con RSU y eventualmente con un pequeño porcentaje de residuos que pueden considerarse peligrosos.
- **Residuos de excavación:** son residuos inertes compuestos de tierra y roca,
- **Residuos de mantenimiento de vías de tránsito:** son residuos con un alto contenido de inertes, compuestos principalmente de material granular (piedras y arena), hormigón y capas asfálticas.

En el Plan Director se consideran para los ROC las siguientes definiciones:

- ROC sucio: si es contaminado con RSU u otros residuos,
- ROC limpio: si no contiene los contaminantes anteriores aunque puede contener metales incorporados en la estructura, como por ejemplo armadura,
- ROC inerte: compuestos de materiales inertes que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas y de los cuales la eco toxicidad del residuo y su lixiviabilidad son insignificantes (ladrillos, cerámicos etc.)

## 1.6 Situación identificada en los Estudios Básicos

### Cantidades

Actualmente se estima que dentro del AMM los trabajos de obras civiles generan 443.500 ton/año de residuos, lo que significa alrededor de un 30% del total de residuos producidos en el AMM. De estos residuos el 87,03% son producidos en Montevideo, el 12,63% en Canelones y el restante 0.34% en el departamento de San José.

### Gestión actual de los ROC

- Actualmente no existe una gestión adecuada de los ROC
- El sistema está caracterizado por un alto grado de informalidad, principalmente dentro del sector de transporte de estos residuos.
- El transporte es realizado por operadores privados que lo efectúan en volquetas o camiones abiertos, existen 14 empresas especializadas en el AMM, que cuentan con 35 camiones para el efecto. Adicionalmente las mismas empresas constructoras poseen camiones y realizan el transporte de sus residuos. Volúmenes muy pequeños son transportados en vehículos particulares, en vehículos de tracción animal o atendidos por la IMM.
- No hay reglamentación nacional vigente para la gestión de los ROC. Existe reglamentación vigente a nivel departamental, sobre todo en Montevideo, pero no se aplica.
- Falta conciencia de los riesgos que se corren en el caso de mal manejo de los ROC por parte de todos los actores, es decir; propietarios de las obras, proyectistas, empresas constructoras, transportistas, intendencias y propietarios de los predios.
- Más del 90% de los ROC son aprovechados para rellenar terrenos bajos o canteras abandonadas, sin embargo, esto se realiza de manera informal sin ninguna clase de autorización ni control. Como consecuencia hay casos donde se puede identificar:
  - Disposición de RCD contaminados con RSU, residuos peligrosos u otros residuos, que pueden causar contaminación en el sitio de relleno.
  - Relleno de zonas inundables, en las márgenes de los cursos de agua, en las cuales existe riesgo de provocar inundaciones aguas arriba.
- El 35% de los RDC que se generan en el AMM se disponen de manera formal. El 65% restante se dispone informalmente, ya sea relleno de predios

particulares o colocándolos en zonas inundables en márgenes de los cursos de agua.

- Existe una amplia cadena de actores en el sistema, que diluye la responsabilidad en el manejo de los ROC.
- Los costos de transporte son un incentivo importante para rellenar terrenos en la cercanía de la obra. Estos rellenos se realizan muchas veces con RCD, los cuales frecuentemente se encuentran contaminados con RSU. Adicionalmente las limitaciones horarias del SDF Felipe Cardoso para atención a los particulares y el hecho de que se tenga establecido el costo de la disposición final de RDC sucios en una tasa de  $\frac{1}{2}$  U.R.<sup>1</sup>, fomentan este tipo de conductas.

## 1.7 Proyección de cantidades

La siguiente tabla presenta la proyección esperada de ROC en el AMM.

**Tabla 1-1: Residuos de obras civiles en Montevideo, Canelones y San José**

Año	Montevideo (ton/año)	Canelones (ton/año)	San José (ton/año)	Total AMM (ton/año)
2003	386.000	56.000	1.500	443.500
2025	572.000	94.000	3.000	669.000
	86%	14%	0%	100%

La proyección del crecimiento de las cantidades de ROC hasta el año 2025, muestra un incremento del 50,8% de los cuales el 60% proviene de excavaciones, un 20% de RCD y el restante 20% de los Residuos de Mantenimiento de Vías de Tránsito.

## 1.8 Recomendaciones para un manejo integral de los ROC

De los diferentes estudios y análisis que realizó el Consultor durante la elaboración del Plan Director los cuales se desarrollan en este Tomo, resultaron las propuestas que llevarán a un manejo integral de los ROC. Estas se presentan en forma resumida a continuación.

### 1.8.1 Responsabilidad operativa y regulación

La aclaración o definición de responsabilidades operativas y regulatorias se constituye en un factor importante para una gestión adecuada y eficiente. Para lograr esto, el Consultor recomienda:

---

<sup>1</sup> Aunque muchas veces no se cobra el servicio.

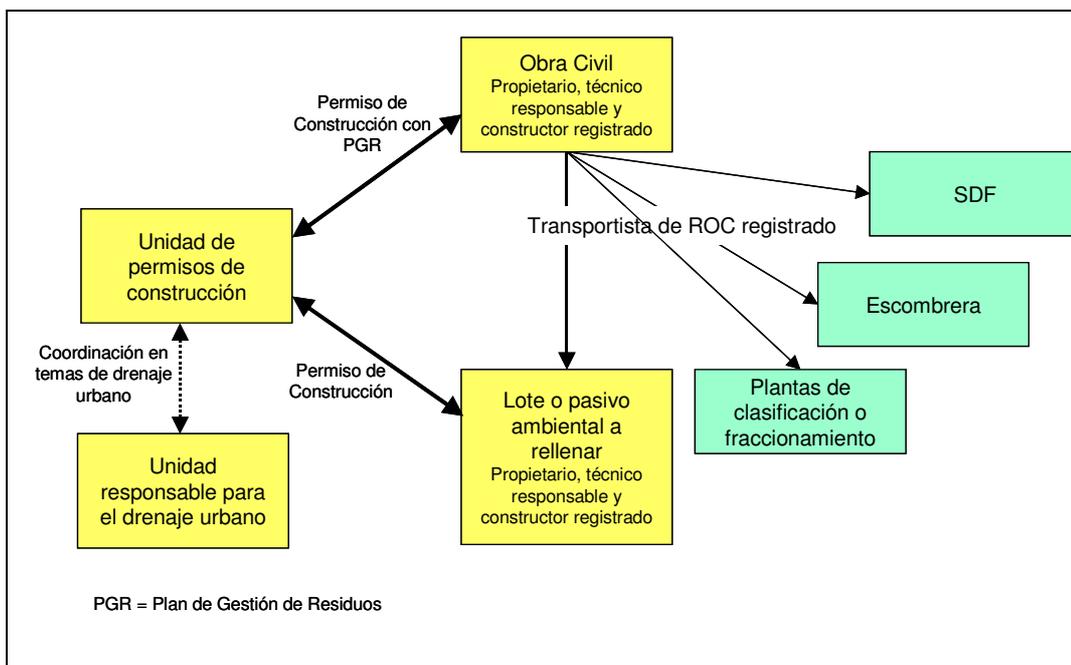
- Asignar responsabilidad operativa a las Intendencias para el sistema de los ROC
- Elaborar y promulgar un reglamento para el manejo de ROC
- Expedir un reglamento único para el AMM o en caso de que existan reglamentos por Intendencia, armonizarlos de forma que se ajusten a la realidad específica de cada departamento.

## 1.8.2 Propuesta institucional

Para la implementación de las diferentes medidas necesarias se requiere una adecuada base institucional que permita la realización de las diferentes tareas.

Para poder lograr un control eficiente de la gestión de los ROC se recomienda, que ésta sea integrada en el procedimiento de permisos de construcción. La siguiente Figura 1-2 muestra el esquema de la propuesta.

Figura 1-2: Propuesta institucional de ROC



Se identifica como propietario de la obra a quién, en última instancia, tiene la responsabilidad de la gestión de sus residuos. Sin embargo, dado que el mismo, en general no posee el conocimiento técnico, ni dirige la obra, tiene que ser el “técnico responsable”, el que asuma la responsabilidad para una adecuada gestión de los ROC generados.

Se propone que en el permiso de construcción, se exija la incorporación de un Plan de Gestión de Residuos, en el que se detalle, qué residuos se generarán en la obra y cuáles serán las medidas para el manejo y destino final de los mismos.

Por otro lado se recomienda que cada lote o pasivo ambiental, que se quiera rellenar, cuente con un permiso de construcción. De esta manera se asigna un

rol más importante a las Unidades responsables de otorgar los Permisos de Construcción, ya que, adicionalmente, deberán considerar la gestión de residuos generados por la obra.

Por lo tanto cuando se requiera rellenar un lote para su nivelación, la mencionada Unidad deberá conectarse con a la Unidad responsable del drenaje urbano para determinar si el sitio previsto es adecuado y asegurar que no se generen afectaciones.

Para enfrentar los desafíos que genera el manejo de un número mayor de trámites, con los controles necesarios y la coordinación entre distintas unidades, se entiende necesario reforzar la capacidad de estas unidades con personal capacitado.

Finalmente se debe destacar, y debe formar parte de un nuevo reglamento, que los transportistas transporten los ROC únicamente entre sitios que cuenten con permiso de construcción o a instalaciones habilitadas para el tratamiento o la disposición final de los ROC.

### **1.8.3 Propuesta técnica**

Del análisis de las alternativas resultaron varias medidas y actividades que el Consultor recomienda implementar para lograr una gestión adecuada de los ROC que cumpla con los objetivos generales y específicos anteriormente mencionados. Las recomendaciones principales están resumidas a continuación.

➤ **Adoptar medidas de reducción de ROC**

La reducción de los ROC comienza principalmente durante la planificación de las obras civiles. Allí es donde se debería intentar usar la menor cantidad posible de materiales que no se puedan reutilizar o que sean difícilmente reciclables. Sin embargo, la influencia en esta parte del proceso es muy limitada.

➤ **Implementar la clasificación de los ROC como principal medida para su manejo posterior.**

Para poder reutilizar, reciclar o depositar residuos de manera adecuada es necesaria su separación. En el caso de una construcción nueva esto se refiere a la separación de los materiales restantes, sin posibilidades de uso posterior (como pe. material de embalaje, hierro sobrante de armadura etc.). En el caso de demolición, puede ser realizada directamente durante el proceso de demolición o bien posteriormente. La forma más adecuada depende de las posibilidades técnicas (maquinaria etc.) y decisiones económicas.

Sin embargo, es indispensable que en una obra se identifiquen y separen los residuos peligrosos. Esta separación siempre tiene que ser realizada en la obra dado que, una vez mezclado con los demás ROC, es prácticamente imposible separarlos y por lo tanto genera una importante cantidad de ROC contaminados, que muchas veces deben ser considerados como residuos peligrosos, requiriendo tratamientos o formas de disposición diferentes (tratamiento térmico, relleno de seguridad etc.).

La clasificación de ROC limpios de otros residuos como RSU y materiales reciclables se podría realizar en la obra o en una instalación. El Consultor considera preferible la alternativa de separación en la obra. Para facilitar la clasificación en una demolición, el técnico responsable debería considerar la necesidad de demoler la obra en forma organizada.

➤ Disposición final adecuada y controlada de ROC

La disposición final se puede dividir en tres tipos:

- El aprovechamiento de ROC limpio en lotes o pasivos ambientales.
  - Desde el punto de vista de jerarquía de la gestión de residuos, esta opción es la más adecuada. Sin embargo, para ello los ROC deben cumplir ciertos requisitos:
    - Debe ser un ROC inerte sin ningún componente no inerte.
    - Tener una granulometría menor a 20 cm.
- La disposición final de ROC limpio en escombreras
  - Alternativamente, se podrían disponer ROC en escombreras. Estas tienen semejanza con los sitios del punto anterior por el aprovechamiento de predios convenientes tales como canteras, sin embargo, las escombreras son determinadas y controladas por las Intendencias que las destinan para residuos inertes que no tengan un aprovechamiento directo. La definición de sitios debe estar orientada por el ordenamiento territorial de cada Intendencia, tomando en cuenta las necesidades particulares de los mismos.
  - Dependiendo del uso previsto después de su clausura, estos sitios podrían recibir ROC limpio de cualquier tamaño y conteniendo armadura.
- Sitio de disposición final para RSU
  - Para el caso que se generen ROC sucios que no sea posible clasificar, ellos tienen como único destino el SDF para RSU, donde se tendrá que pagar la tarifa respectiva.
  - Se recomienda, que se apliquen tarifas que se incrementen con el tiempo, empezando con la misma tarifa que para RSU. Posteriormente se identifican dos factores determinantes que funcionarán como incentivos para evitar la modalidad de disposición de ROC en el relleno sanitario, como son la gran distancia que existirá entre el relleno sanitario del Parque Ambiental Cañada Grande y los puntos de generación que se ubican mayoritariamente en Montevideo y el cobro de las tarifas impuestas por el SDF para la disposición de los ROC. Sin embargo, el aumento de las tarifas genera el riesgo de incentivar vertidos inadecuados.

➤ Planta piloto para fragmentación de RCD

Aunque una planta para la fragmentación de los RCD con instalaciones mayores, (trituradora etc.) actualmente no es económicamente viable, el Consultor recomienda instalar, a corto plazo, una planta piloto a menor escala, que permita la explotación del mercado de materiales reciclados. Se

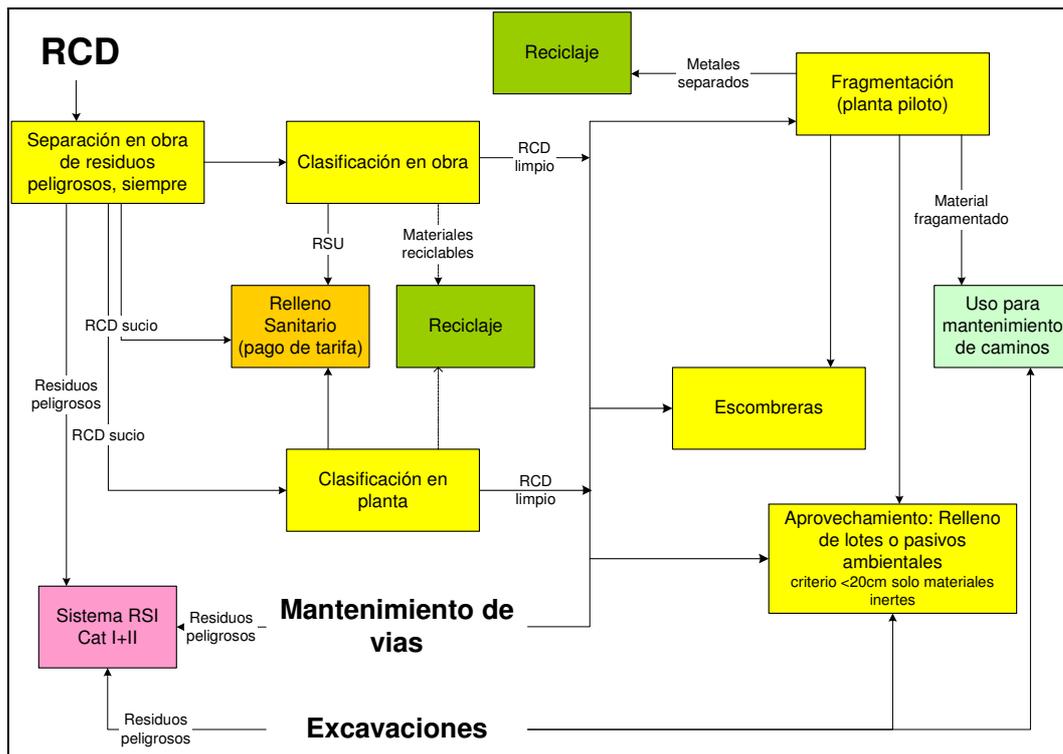
recomienda su instalación en los predios del actual SDF Felipe Cardoso donde los materiales generados podrían ser utilizados en la caminería interna del SDF y para la cobertura de áreas de disposición. Para evaluar las posibilidades del mercado, se debe intentar introducir los materiales producidos tales como áridos en éste, para el relleno de lotes, pasivos ambientales y para el mantenimiento de caminos. Para esta planta piloto se estima una inversión de 150.000 US\$ para el equipamiento necesario, y un costo unitario para la producción del material de aproximadamente 5 - 6 US\$/ton.

➤ Grupo de trabajo para la gestión de áridos

Finalmente, para el mediano plazo se sugiere el establecimiento de un grupo de trabajo constituido por personas de la industria de la construcción, de los distintos ministerios y las Intendencias, a fin de determinar criterios para la gestión de los áridos producidos a partir de los ROC.

En la siguiente figura se presenta el esquema de la propuesta técnica para el sistema de los ROC.

Figura 1-3: Esquema de la propuesta técnica



## 1.9 Costos del sistema

Los principales costos para el manejo propuesto por el PD, se presentan a continuación:

Costo de fragmentación y clasificación	Inversión: US\$ 150.500 Operación: US \$ 5,87 /m3
Recolección y transporte	US/ton 2 – 3,5 <sup>2</sup>
Disposición en escombrera tipo	Inversión: US\$ 25.500 Operación: US\$ 1,40/t

## 1.10 Plan de Acciones

Para lograr el objetivo de una mejor gestión del sistema de los ROC, se ha desarrollado un plan de acción vinculado con un cronograma, el cual es presentado en la Figura 1-4.

---

<sup>2</sup> Dependiendo de la distancia y de tipo de vehículo utilizado.

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
 PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
 Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

Figura 1-4: Plan de Acciones

No.	Acción	Responsable	año																						
			05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
<b>1</b>	<b>Subobjetivo 1: Reforzamiento institucional y legal</b>																								
1.	Reglamentos departamentales referente a la gestión	IMs		■																					
2.	Adecuación de las unidades para permisos y control																								
2.1	Reforzamiento de la unidad responsable para permisos de construcción																								
2.1.1	Reforzamiento de la capacidad de acción	IMs			■																				
2.1.2	Capacitación de funcionarios	IMs			■																				
2.1.3	Desarrollo y mantenimiento de una base de datos los sitios disponibles para su relleno	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
2.1.4	Ejecución de las tareas asignadas y mantenimiento de la base de datos	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
2.2	Reforzamiento de la unidad responsable de drenaje urbano																								
2.2.1	Reforzamiento de la capacidad de acción	IMs			■																				
2.2.2	Capacitación de los funcionarios	IMs			■																				
2.2.3	Ejecución de las tareas asignadas	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.	Actividades de control																								
3.1	Control de Obras																								
3.1.1	Permisos de construcción, incluyendo PGRs	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.1.2	Inspecciones	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.2	Registro de empresas transportistas y empresas constructoras	IMs			■						■	■					■	■				■	■		
3.3	Lotes y pasivos ambientales																								
3.3.1	Tramites de permisos de construcción	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.3.2	Inspecciones	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.4	Plantas de fragmentación y escombreras																								
3.4.1	Permisos de construcción y habilitación del PGR	IMs			■			■					■				■					■			
3.4.2	Inspección de la operación en concordancia con lo declarado	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.4.3	Verificar cumplimiento de nivel mínimo ambiental exigido	DINAMA			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
4.	Planificación estratégica y monitoreo del sistema de los ROC																								
4.1	Monitoreo y procesamiento de datos																								
4.1.1	Estudio de cantidades generadas y tratadas y de la evolución del sistema	IMs					■			■			■			■			■			■			
4.1.1	Identificación de apartamientos de la situación objetivo y toma de medidas correctivas	IMs					■			■			■			■			■			■			
4.2	Actualización del PDRS	IMs								■	■				■	■				■	■				

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
 PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
 Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

No.	Acción	Responsable	año																								
			05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
<b>2 Subobjetivo 2: Medidas e infraestructuras para el desarrollo del plan</b>																											
1.	Cierre de vertederos no habilitados	IMs																									
2.	Campañas de divulgación e información relativo a la gestión futura de ROC	IMs																									
3.	Lotes y pasivos ambientales																										
3.1	Permiso de construcción	Proprietarios/IMs																									
3.2	Relleno de los lotes y pasivos	Proprietarios																									
4.	Planta piloto de fragmentación																										
4.1	Planificación e instalación	IMM																									
4.2	Operación de la planta	IMM																									
5.	Escombreras																										
5.1	Definición de ubicación	IMs																									
5.2	Permiso de funcionamiento e implementación	IMs																									
5.3	Operación	IMs																									
6.	SDF																										
6.1	Recepción de ROC sucio (sin contaminantes peligrosos)	Operador																									
6.2	Recepción de ROC limpio e inerte para caminería y cobertura	Operador																									
7.	Fomento de la gestión adecuada																										
7.1	Política de tarifas en forma creciente para ROC sucios transportados a los SDF	IMs / Operador																									
<b>3 Subobjetivo 3: Actividades por los generadores y los proveedores de servicios</b>																											
1.	Generador, técnico responsable																										
1.1	Trámite para el permiso de relleno de lotes y pasivos ambientales	IMs																									
1.2	Separación de RSU y residuos peligrosos en obra	Generadores																									
2.	Transporte y Constructores																										
2.1	Registro de los transportistas	Transportista																									
2.2	Registro de los constructores	Constructores																									
3.	Elaboración de PGRs por parte de los operadores de las instalaciones	Operadores																									
4.	Desarrollo de estándares de reciclaje de ROC como material utilizable para la construcción	Industria, DINAMA, IMs																									
5.	Construcción de instalaciones de clasificación (depende de iniciativa privada)	Privados																									
6.	Construcción de instalaciones de fragmentación o trituración (depende de iniciativa privada)	Privados																									

■ Fase planificación/construcción ■ Operación o realización de la acción



## 2 Introducción

### 2.1 Presentación General

El **Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana (PDRS)** busca formular una estrategia para un manejo integral y sostenible de los Residuos Sólidos en la zona del proyecto. El presente tomo es una parte del **Plan Director**, dentro del cual se realiza el análisis de alternativas y las recomendaciones para la planificación de un desarrollo sostenible de la gestión adecuada de todos los tipos de residuos sólidos contemplados por el Plan Director. El PDRS está basado en los **Estudios Básicos** elaborados en la fase anterior y en determinados objetivos y principios.

Para elaborar un PDRS adecuado de los residuos sólidos y contemplar todos sus diversos aspectos es necesario realizar un análisis de tipo multidisciplinario. Explícitamente, se han considerado los siguientes aspectos:

- técnicos
- económicos y financieros
- sociales
- legales
- institucionales
- ambientales.

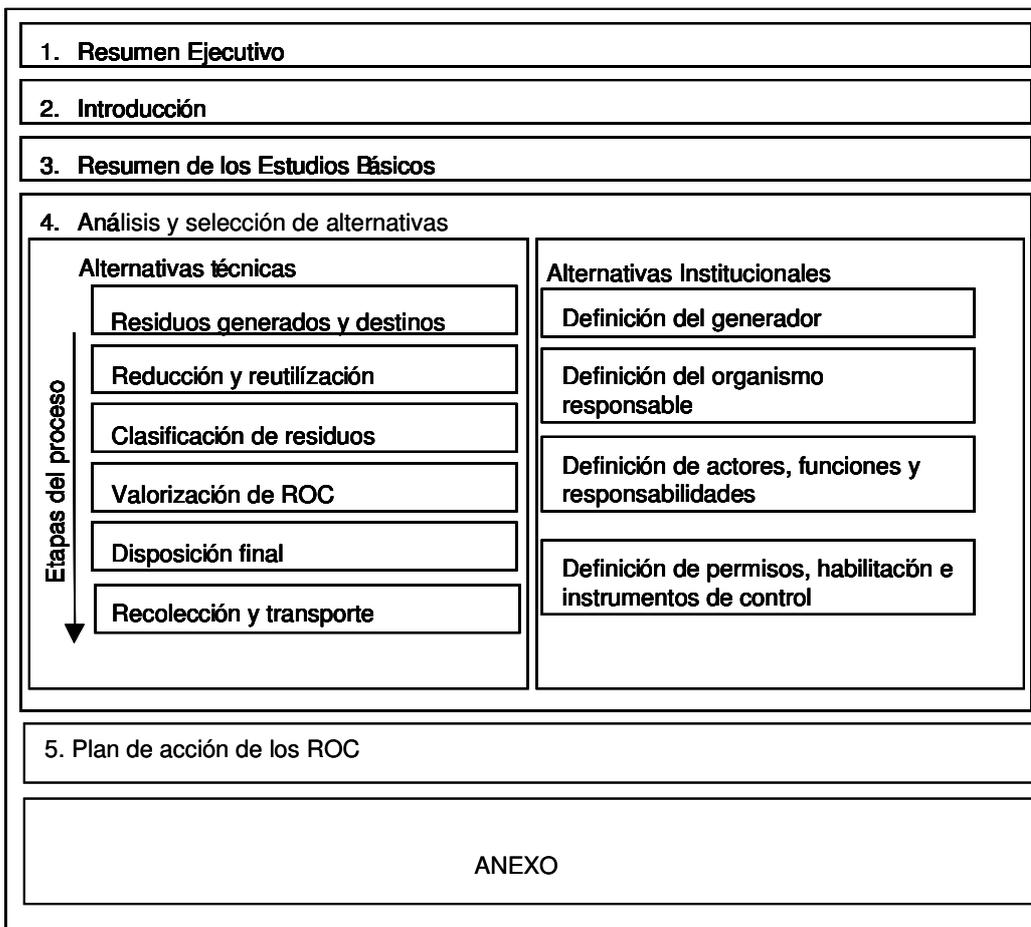
En el marco del Plan Director el Consultor ha llevado a cabo el análisis de numerosas tecnologías para su aplicabilidad a la realidad del AMM. Una actividad importante ha sido la identificación de sitios para la ubicación de infraestructuras nuevas propuestas por el PDRS. Además se han evaluado un gran número de alternativas institucionales, entre las cuales el análisis de aspectos de cooperación interinstitucional ha tenido una gran importancia. Asimismo, se ha realizado el análisis económico-financiero de varias de las alternativas planteadas.

Tal como se establece en la Figura 1-1 el PDRS se desarrolla en una serie de tomos y anexos que toman como eje temático cada uno de los tipos de residuos sólidos que contempla el Plan Director.

### 2.2 Estructura del Tomo IV

El presente Tomo se estructura en seis capítulos, como se esquematiza en la Figura 2-1. El criterio elegido por el Consultor para nombrar y agrupar las etapas del proceso de gestión de los ROC (capítulo 4), se basa en el proceso de gestión de los mismos de acuerdo a la tipología definida en los Estudios Básicos.

**Figura 2-1: Estructura del Tomo de ROC**



Capítulo 1: incluye un Resumen Ejecutivo donde se presentan los elementos y recomendaciones más importantes del tomo.

Capítulo 2: presenta los Objetivos Generales del PDRS, los principios y objetivos específicos del presente tomo y su estructura.

Capítulo 3: presenta un resumen de los resultados y debilidades identificados del sistema actual en los Estudios Básicos.

Capítulo 4: este capítulo está dedicado al Análisis de Alternativas Técnicas e Institucionales para los ROC, identificando propuestas y criterios para el mejoramiento de la situación actual diagnosticada en los Estudios Básicos.

Capítulo 5: se plantea el Diseño Final del sistema propuesto para los ROC y las diversas alternativas adoptadas.

Capítulo 6: finalmente, se presenta el plan de acción y el marco lógico para la concreción de los objetivos planteados en el Capítulo 2 mediante la implementación del conjunto de medidas planteadas en el Capítulo 5.

## 2.3 Principios

Los principios que forman la base para la elaboración e implementación del Plan Director de Residuos Sólidos para los ROC provienen de tres fuentes:

- El principio de jerarquía y de manejo de residuos peligrosos que surgen de la Agenda 21 y que fueron luego desarrollados por distintas normativas internacionales, como es el caso de la Unión Europea.
- La Ley General de Protección del Medio Ambiente y la Propuesta Técnica para la Reglamentación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Industriales, Agroindustriales y de Servicios (PTR).
- La experiencia del Consultor en el desarrollo de Planes Directores similares.

De estas fuentes fueron identificados los principios básicos que guiarán tanto la determinación de objetivos específicos como la identificación de alternativas para cada una de las etapas de la gestión de los ROC, logrando así que las alternativas y soluciones alcanzadas puedan responder a los mismos.

A continuación se presentan los principios básicos que se utilizan para la elaboración del Plan Director.

### A Principio de jerarquía

Este principio ya se encuentra en la Agenda 21 y luego fue retomado y desarrollado en diferentes legislaciones y normativas, siendo uno de los principios de utilización más universal en la gestión de residuos.

Se conoce como principio de jerarquía al que establece un orden de prioridad para la atención de los residuos. Este orden es: reducción, reutilización, reciclaje, valorización energética, eliminación. El principio indica que se debe agotar la posibilidad de la operación anterior antes de aplicar la siguiente, siempre que esto sea viable.

A los efectos del PD se toma éste como un principio rector, aceptando cierta flexibilidad en el mismo regida por los costos. Sin embargo las propuestas que surgen del PD apuntan a que este principio se aplique siempre que sea posible.

### B Contaminador - pagador

Se trata de uno de los principios más conocidos de la gestión ambiental y que normalmente se conoce con la consigna “el que contamina paga”.

Para el caso de los ROC la definición del generador es un aspecto a determinar, ya que, si bien el principio puede aplicarse, es posible que exista por una parte un responsable de pagar (propietario de la obra) y por otra parte un responsable de la gestión de los residuos (constructor).

### C Reducción de los desechos peligrosos

Se trata de otro de los principios que surgen de la Agenda 21. El objeto de este principio es en lo posible evitar y reducir al mínimo la producción de residuos peligrosos, y someter ese tipo de residuo a una gestión que impida daños al medio ambiente. Se trata de un complemento del principio de jerarquía que

busca priorizar acciones de reducción en los residuos que pueden considerarse peligrosos.

La cantidad de desechos peligrosos que se generan en los ROC es muy baja, sin embargo parece sensato implementar criterios para su separación y manejo diferenciado del resto de los residuos de construcción.

#### **D Prevención y previsión**

Se trata de principios que se encuentran recogidos en la Ley General de Protección del Ambiente. El Art. 6 de dicha Ley los establece como principios en los que se deberá basar la política ambiental a definir y establece específicamente: “La prevención y previsión son criterios prioritarios frente a cualquier otro en la gestión ambiental y, cuando hubiere peligro de daño grave o irreversible, no podrá alegarse la falta de certeza técnica o científica absoluta como razón para no adoptar medidas preventivas.”

Estos principios sirven de guía en la selección de tecnologías buscando aquellas que se encuentren probadas y universalmente aceptadas, no presentando dudas técnicas en cuanto a sus impactos tanto a la salud como al medio ambiente.

#### **E Claridad y sencillez**

De la experiencia del Consultor surge que las propuestas que se incluyan en un PD deben poseer tal claridad y sencillez en su formulación que permitan su comprensión por todos los actores involucrados.

La experiencia indica que propuestas muy elaboradas o de difícil comprensión, por más que puedan parecer soluciones óptimas, son muchos menos viables a mediano y largo plazo, debido a la imposibilidad de los actores se integren adecuadamente a los sistemas diseñados.

Los aspectos de comunicación son centrales en un PD y las propuestas claras y sencillas resultan funcionales para ello.

#### **F Flexibilidad**

Si bien es posible establecer pautas generales que regulen un sistema por un período largo de tiempo, tal como el que está previsto en este caso, no es posible pretender que todas las pautas sigan vigentes durante dicho período. Por tanto es necesario dotar al sistema y a las propuestas que se plantean en el PD, de una flexibilidad que permita adaptarse a los cambios en el tiempo.

#### **G Principio de transparencia**

La transparencia del Plan Director hacia los generadores y actores dentro del sistema de manejo de residuos sólidos apoya la aplicación de éste por instruir en el razonamiento de las recomendaciones y acciones resultantes. Solo de esta manera se logra la confianza necesaria en la aplicación de medidas que, por falta de transparencia, puedan ser rechazadas desde un principio.

## H Mejora continua

Finalmente, así como no es posible fijar las pautas del funcionamiento de un sistema por un período largo de tiempo, tampoco es posible que las pautas definidas por el PD se instrumenten de inmediato, siendo necesaria una implementación por etapas con revisiones permanentes de las mismas. Esto lleva a la implementación del principio de mejora continua que busca siempre una mejora en la situación ambiental y social del sistema a implementar.

El principio de flexibilidad y de mejora continua lleva a introducir, dentro del PD, instancias periódicas de revisión de las propuestas, a fin de lograr su ajuste y adaptación en función de los objetivos básicos y específicos.

## 2.4 Objetivos

Los objetivos utilizados en el diseño de las propuestas para el Plan Director se dividen en objetivos generales, válidos para cualquier tipo de residuos, y objetivos específicos que apuntan a la gestión en particular de los Residuos de Obras Civiles. Estos ROC presentan realidades diferentes al resto de los residuos, tanto en la definición de quien se puede considerar como generador, como en las modalidades de gestión que se pueden prever en cada caso. Por tal razón, los objetivos específicos fueron elaborados en función de la información recabada en los Estudios Básicos.

### 2.4.1 Objetivos generales

Los **objetivos generales** a mantener en un horizonte de proyecto de 20 años, con la flexibilidad que debe tenerse para readecuar el PD a lo largo del tiempo, son los siguientes:

- Contar con gestión de RS eficaz, eficiente y ambientalmente sustentable.
- Minimizar los impactos ambientales y a la salud que puedan producirse.
- Tener integrado armónicamente la gestión de los RS con el resto de las actividades de desarrollo ambiental, de salud pública y productiva del país.

Los Residuos de Obras Civiles (ROC) representan el mayor volumen de residuos generados en el AMM y están en su mayoría compuestos por residuos inertes, con bajo contenido de materia orgánica o de sustancias peligrosas.

### 2.4.2 Objetivos específicos

De acuerdo con los Estudios Básicos, no es posible identificar un sistema<sup>3</sup> específico de ROC que se encuentre integrado como tal, actuando en forma independiente y estando todo el sistema funcionado como un apéndice de la

---

<sup>3</sup> Se entiende por sistema de residuos al conjunto de las personas, y organizaciones que intervienen en todo el proceso de generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los mismos, así como las relaciones que los mismos establecen y las actividades que desempeñan.

construcción civil. El sistema que es posible reconocer en la actualidad presenta un fuerte grado de informalidad generando muchas incertidumbres, sobre todo a nivel de la disposición final, y con gran cantidad de impactos ambientales derivados del funcionamiento del mismo.

Por lo tanto el desafío del PD para estos residuos es la propuesta de sistemas que sean viables para su gestión y que a su vez sean eficaces, eficientes y ambientalmente sustentables. El diseño de estos sistemas pasa por la identificación tanto de las soluciones técnicas más adecuadas, como de las propuestas institucionales para llevarlas a cabo.

A continuación se presentan los objetivos específicos del PD para los ROC, en función de los cuatro objetivos generales presentados:

1. Contar con una gestión de RS eficaz, eficiente y ambientalmente sustentable.
  - a. Generar el sistema de ROC necesario para dar cumplimiento al objetivo general.
  - b. Determinar la infraestructura mínima necesaria para el funcionamiento de dicho sistema y generar las propuestas institucionales que permitan su concreción y operación en el tiempo.
  - c. Establecer los estándares mínimos que deben cumplir cada una de las unidades, tanto para su operación desde el punto de vista técnico como para evitar los impactos ambientales.
  - d. Identificar los actores más adecuados para la operación del sistema y especificar claramente sus funciones y roles, estableciendo los recursos necesarios para su funcionamiento.
  - e. Determinar las pautas básicas de operación del sistema así como las de su control y revisión.
2. Minimizar los impactos ambientales y a la salud que puedan producirse.
  - a. Minimizar al máximo la producción de residuos peligrosos.
  - b. Determinar los procedimientos más adecuados para el manejo de residuos peligrosos.
  - c. Establecer los criterios ambientales necesarios para una adecuada operación del sistema de forma de evitar impactos ambientales.
  - d. Identificar los planes de monitoreo del medio ambiente necesarios para permitir la generación de la información requerida para el ajuste de los sistemas.
3. Tener integrada armónicamente la gestión de los RS con el resto de las actividades de desarrollo ambiental, salud pública y productiva del país.
  - a. Identificar las formas de control del sistema que mejor se adapten al funcionamiento de los organismos de control.
  - b. Identificar las formas de difusión de la información de manera que se asegure el funcionamiento correcto de los sistemas y su ajuste permanente.
4. Tener establecidos sosteniblemente los sistemas propuestos en el PDRS

Identificar las pautas de comunicación, capacitación y difusión necesarias para la viabilidad de los sistemas en el tiempo, de forma de lograr la adhesión de los diferentes actores y minimizar la resistencia popular a las infraestructuras propuestas.



### 3 Resultados de los Estudios Básicos

En el presente capítulo se resume la información básica presentada en los Estudios Básicos que ha sido utilizada para el establecimiento del PD.

#### 3.1 Cantidad de ROC y su proyección

En los Estudios Básicos los ROC se han subdividido en tres categorías que presentan características diferentes:

- **Residuos de construcción y demolición (RCD):** Se trata de residuos muy variados en cuanto a tamaño y material. Son mayoritariamente inertes con posibles contenidos (aproximadamente 10%) de otros materiales usados en la construcción (madera, plásticos, etc.) Actualmente, debido a la forma de su manejo, también están contaminados con RSU y un pequeño porcentaje de residuos que pueden considerarse como peligrosos (cañerías de plomo, materiales con amianto, tubos fluorescentes, baterías, pinturas, etc).

Los RCD provienen principalmente de:

- Actividades de construcción:  
Compuestos por materiales pétreos, excedentes de materiales de construcción, hormigón y mampostería de infraestructuras transitorias, envases de materiales, restos comida.
- Demolición de construcciones:  
Compuestas de hormigón, mampostería, armaduras, aberturas, instalaciones etc.
- **Residuos de excavación:** Dada la variedad geológica de la zona, estos residuos varían desde arcillas y limos a suelos granulares, existiendo también zonas donde la construcción implica excavaciones en roca. En el primer horizonte de las excavaciones es habitual encontrar tierra con alto contenido de materia orgánica (tierras negras o suelo pasto), que en ocasiones también forma parte de estos residuos.
- **Residuos de mantenimiento de vías de tránsito:** Estos residuos son en su mayoría inertes y suelen contener cantidades importantes de piedras y arena, hormigón armado y pavimentos asfálticos.

En el Plan Director se consideran para los ROC las siguientes definiciones:

- ROC sucio: si es contaminado con RSU u otros residuos,
- ROC limpio: si no es contaminado con RSU u otros residuos, pero contiene metales incorporados en la estructura, como por ejemplo armadura,
- ROC inerte: compuestos de materiales inertes que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas y de los cuales la eco toxicidad del residuo y su lixiviabilidad son insignificantes (ladrillos, cerámicos etc.)

La cantidad de ROC generados en el AMM para el año 2003 se ha estimado en unas 443.500 ton/año. Dado que no se cuenta con datos precisos, la proyección de los mismos hacia el horizonte del proyecto se realizó con base en diferentes

fuentes. Por una parte para los RCD y para los residuos de excavaciones, se utilizó la proyección del crecimiento del PBI, la cual se estima en un 2,6% anual sostenido en 20 años. Por otra parte para los residuos de mantenimiento de vías de tránsito la cantidad se mantuvo constante en el caso de aquellos generados por el MTOP y con un crecimiento que acompaña el desarrollo poblacional, de aproximadamente 0,44% por año, para el caso de aquellos generados por las Intendencias. De esta forma se llega a una proyección de una cantidad total de 669.000 ton/año en el año 2025 (ver Tabla 3-1).

La composición estimada de los ROC para el año 2003 es de 18% de RCD, 53% de residuos de excavaciones y 29% de residuos de mantenimiento de vías. De acuerdo a la proyección efectuada, al final del periodo considerado (año 2025) los porcentajes esperados de cada uno de estos residuos son 20%, 60% y 20% respectivamente (ver Tabla 3-2).

**Tabla 3-1: Residuos de obras civiles en Montevideo, Canelones y San José**

<b>Año</b>	<b>Montevideo (ton/año)</b>	<b>Canelones (ton/año)</b>	<b>San José (ton/año)</b>	<b>Total AMM (ton/año)</b>
2003	386.000	56.000	1.500	443.500
2025	572.000	94.000	3.000	669.000
	86%	14%	0%	100%

**Tabla 3-2: Residuos de obras civiles por tipo de residuo en el AMM**

<b>Año</b>	<b>RCD  ton/año</b>	<b>Excavaciones  ton/año</b>	<b>Residuos de Mantenimiento de vías de tránsito  ton/año</b>	<b>Total ROC AMM  ton/año</b>
2003	78.000	237.000	128.500	443.500
2025	135.000	400.000	134.000	669.000
2025	20%	60%	20%	100%

Como indicador a utilizar para la comparación de la generación de ROC con realidades de otros países se calculó el cociente entre la cantidad por día de residuos provenientes de obras civiles y los habitantes, tanto para Montevideo como para el AMM en el año 2003. En la Figura 3-1 se presentan estos cocientes y su comparación con índices internacionales. Se puede destacar que tanto Montevideo como el AMM están ubicados dentro del rango cubierto por estos índices.

**Figura 3-1: Índices de generación de residuos de Obras Civiles**

Ciudad/País	Índices de generación de residuos de Obras Civiles kg/hab/día
Barcelona	1,03
Cataluña	0,64
País Vasco	0,81
Murcia	1,32
La Rioja	0,79
Media Europa	1,32
Bogotá (1999)	1,22
Montevideo	0,76
AMM (2003)	0,69

### 3.2 Conclusiones legales institucionales

Los actores en el sistema de ROC son los propietarios de las obras, los proyectistas, las empresas constructoras, las empresas transportistas y los propietarios de los predios. Además hay que incluir al MTOP y a las Intendencias en su rol de propietarios de las obras y a las Intendencias también en su rol de operadores de los Sitios de Disposición Final.

El sistema de ROC está caracterizado por una alta informalidad. Uno de los factores que influye en que se genere esta situación es la inexistencia de una política nacional o departamental al respecto. En el tema de los ROC el MVOTMA, enfocando sus recursos a otros tipos de residuos, no ha cumplido con su rol de dictar y regular el sistema, a pesar de encontrarse dentro de sus responsabilidades según la Ley General de Protección del Ambiente.

Por el Código de Aguas está prohibido volcar o disponer escombros en lugares en los cuales se podría modificar el libre escurrimiento superficial. Esta prohibición debería ser controlada por el MTOP, por ser el ministerio competente en la aplicación de esta ley, sin embargo no hay control, ni sanciones, dejando que los actores del sistema de ROC continúen rellenando áreas de inundación.

A nivel departamental, aunque no existe una normativa específica que asigne las responsabilidades de cada uno de los actores, hay regulaciones que prohíben el vertido de ROC en predios privados y públicos sin previa autorización de las autoridades competentes. En Montevideo por ejemplo existe la resolución 1501/01 que obliga a la División Limpieza a regular el transporte, la reutilización y el reciclaje de los ROC, incluyendo el mantenimiento de un registro de generación y transporte. Sin embargo no existen registros de que estas regulaciones se apliquen en ninguno de los departamentos.

### 3.3 Gestión actual de los ROC

En los Estudios Básicos se encontraron diversas carencias en la gestión de los ROC, tanto en los aspectos legales e institucionales como operacionales. Los más importantes son los siguientes:

- Actualmente no existe una gestión adecuada de los ROC
- El sistema está caracterizado por un alto grado de informalidad, principalmente dentro del sector de transporte de estos residuos.
- No hay reglamentación nacional vigente para la gestión de los ROC. Existe reglamentación vigente a nivel departamental, sobre todo en Montevideo, pero no se aplica.
- Falta conciencia de los riesgos que se corren en el caso de mal manejo de los ROC por parte de todos los actores, es decir; propietarios de las obras, proyectistas, empresas constructoras, transportistas, intendencias y propietarios de los predios.
- Más del 90% de los ROC son aprovechados para rellenar terrenos bajos o canteras abandonadas, sin embargo, esto se realiza de manera informal sin ninguna clase de autorización ni control. Como consecuencia hay casos donde se puede identificar:
  - Disposición de RCD contaminados con RSU, residuos peligrosos u otros residuos, que pueden causar contaminación en el sitio de relleno.
  - Relleno de zonas inundables, en las márgenes de los cursos de agua, en las cuales existe riesgo de provocar inundaciones aguas arriba.
- Los costos de transporte forman un incentivo importante para rellenar terrenos en la cercanía de la obra. Estos rellenos se realizan muchas veces con RCD, los cuales frecuentemente se encuentran contaminados con RSU. Además, a pesar de que no se aplique en la mayoría de los casos, la tasa de ½ U.R. para la disposición final de RCD sucios en el SDF Felipe Cardoso y las limitaciones horarias de atención a privados en el mismo, fomentan este tipo de conductas.

### 3.4 Conclusiones operativas

El transporte de los ROC se realiza, en el caso de obras pequeñas, con volquetas destinadas a residuos provenientes de remodelaciones o a los generados durante la obra.

En el caso de obras de mayor envergadura se utilizan, camiones abiertos.

Con frecuencia en el manejo de los ROC los residuos son transportados a predios o canteras cercanas a las obras. El transporte a los predios para el relleno de zonas bajas es en general a distancias cortas que no superan los 5 km, en lugares en los que previamente se acordaron los términos de la disposición con los dueños de los predios. También ocurren situaciones en las cuales no se encuentra en las proximidades de la obra un predio cuyo propietario acepte los ROC y como consecuencia, los ROC son dispuestos en forma clandestina. De esta manera, es dispuesto un porcentaje importante de los RCD

y casi un 100% del procedente de excavaciones y demás residuos de obras civiles.

El 35% de los RCD que se generan en el AMM se dispone de manera formal. En tal sentido se ha estudiado en detalle el caso de Montevideo, ya que allí se genera el 85% del total de RCD y porque además se accedió a los registros detallados de la balanza del SDF Felipe Cardoso. Unas 23.000 ton/año de RCD llegan al SDF Felipe Cardoso, de las cuales unas 4.000 ton/año son RCD inertes limpios que se aprovechan para el relleno para caminería interna. El resto, unas 19.000 ton/año de RCD, se encuentran mal separados, con presencia de RSU, varillas metálicas, vidrios, residuos peligrosos, etc., razón por la cual son dispuestos junto a los RSU. Estas 19.000 ton/año deberían pagar  $\frac{1}{2}$  U.R. (4 US\$) por tonelada, pero solamente un 4,6% realmente paga por la informalidad existente en la disposición final en Felipe Cardoso, debido a que no se dispone de suficiente control como para prevenir el vertido incontrolado.

El 65% restante de los RCD se dispone informalmente, ya sea rellenando predios particulares o, en algunos casos, colocando los residuos en zonas inundables en márgenes de los cursos de agua, con su correspondiente impacto debido al remanso que pueden provocar aguas arriba. Además muchas veces se rellenan zonas con residuos contaminados con RSU u otro tipo de residuos no inertes, lo que puede causar afectaciones en el sitio de relleno.

Hay que considerar además que existe una diferencia de hasta un 65% en los costos de transporte entre disponer RCD mal separados en sitios informales o en el SDF Felipe Cardoso, debido a las mayores distancias y al tiempo que demora la descarga en el SDF, lo cual no estimula el correcto manejo de los Residuos de Obras Civiles.

### **3.5 Conclusiones ambientales**

Se realizó un análisis ambiental del sistema de los ROC, considerando un conjunto de aspectos ambientales y sus posibles impactos generados. A continuación se presentan, en la Tabla 3-1, los nueve impactos identificados como de significancia media y alta, junto con los aspectos ambientales de los cuales surgen.

**Tabla 3-3: Resultados del análisis ambiental**

Actividades	Aspectos Ambientales	Impactos Ambientales	Significancia
Generación y manejo de residuos de obra	Discriminación de RCD	Contaminación de suelos y de napas por disposición de RCD con residuos peligrosos	Media
Almacenamiento de los residuos de obra	Contaminación con residuos domiciliarios	Contaminación de las napas freáticas por lixiviados	Media
		Contaminación de suelos por aportes de residuos domésticos	Media
Reciclaje y reutilización	Inadecuada reutilización o aprovechamiento de los ROC en sitios informales	Afectación en el escurrimiento superficial	Media
		Afectación a la salud de la población	Media
		Alteración en la morfología de los cursos de agua	Alta
Disposición final	Presencia física de los ROC en sitios informales	Afectación paisajística	Media
		Afectación en el escurrimiento superficial	Media
		Afectación a la salud de la población	Media

La tabla muestra que el impacto más relevante es la disposición inadecuada sobre cursos de agua, alterando sus cauces y morfología.

## 4 Análisis y selección de alternativas

En los Estudios Básicos se ha determinado que la generación de los ROC en el AMM fue de aproximadamente 443.500 ton para el año 2003 y que la proyección de la generación de ROC para el año 2025 es de 669.000 ton/año (ver Tabla 3-1).

Esa gran cantidad de residuos debe ser tratada de forma conveniente según cada tipo de ROC ya que no es admisible continuar con los procedimientos actuales y con una carencia total de control sobre toda la actividad. En tal sentido se transcribe lo establecido en el numeral 8.6 (situación sin proyecto) del informe de Estudios Básicos:

“Si se continuara con la misma forma de manejo de los ROC que en la situación actual, se prevé que la evolución del manejo de los ROC será continuar relleno de márgenes de cursos de agua, con la consecuencia en el corto o mediano plazo, de provocar inundaciones por el remanso aguas arriba, con todos los impactos sanitarios y sociales asociados. Se va a continuar relleno de predios con RCD aumentando las superficies afectadas, con el riesgo de contaminación de suelos y de aguas subterráneas. Además la disposición clandestina de ROC en predios baldíos o en las calles aumentaría, causando problemas visuales. Además, con el tiempo estos sitios se convierten en basurales .”

Para evitar esta situación de futuro, es necesario contar con herramientas que permitan una gestión adecuada y permanente de los ROC. En este capítulo se analizan las alternativas tanto técnicas como institucionales, así como las recomendaciones específicas del Consultor, que permitan un manejo adecuado de estos residuos.

En primer lugar se parte del tipo de material disponible dentro de los ROC tratando de dar una visión de los posibles destinos para los mismos. Luego se discutirán diferentes alternativas en las etapas del proceso de los ROC, es decir: reducción, clasificación y almacenamiento, transporte, valorización y disposición final

### 4.1 Alternativas técnicas

El manejo adecuado de los ROC requiere una serie de medidas e instalaciones técnicas que serán evaluadas a continuación. De la situación actual, identificada durante los Estudios Básicos, y apuntando a los antes mencionados objetivos específicos y generales para el Plan Director de Residuos Sólidos, resultan las siguientes metas que deben ser cumplidas a través de las medidas resultantes:

- Reducción de la cantidad de residuos contaminados que deben ser depositados en rellenos sanitarios
- Reutilización y reciclaje de ROC para obras civiles
- Facilitar, inducir y controlar la construcción de la infraestructura necesaria para el funcionamiento del sistema de los ROC

#### 4.1.1 Residuos generados en obras civiles y su posible destino

En la Tabla 4.1 se establece una clasificación de los ROC generados en los distintos tipos de obras civiles, así como las diferentes alternativas para sus posibles destinos en cada caso.

A tales efectos los ROC se han agrupado en residuos provenientes de actividades de demolición; residuos provenientes de actividades de construcción; residuos generados durante la obra civil, asimilables a urbanos (RSU); residuos provenientes de excavaciones y residuos provenientes del mantenimiento de vías de tránsito.

En cuanto a las alternativas de destinos posibles para estos residuos se señalan las siguientes:

- Reutilización: aquello que puede ser utilizado nuevamente para la misma función tanto dentro de la propia obra como en otras obras.
- Valorización: aquello que puede ser utilizado para otra función, ya sea en forma directa (aprovechamiento) o mediante algún tipo de tratamiento (reciclaje).
- Eliminación: destino para aquel residuo que no puede ser ni reutilizado ni reciclado y que debe ser dispuesto en algún sitio de disposición final.

**Tabla 4-1: Tipos de ROC, descripción, alternativas de utilización y posibles destinos**

Tipos de residuos		Descripción	Alternativas	Destino
<b>Residuos de construcción y demolición</b>	Residuos provenientes de demolición	Residuos no inertes: marcos de puertas y ventanas, vigas metálicas, aberturas, tejas, pisos de madera, cables de cobre, equipamiento de baño, metales, madera, vidrios, residuos verdes	Reutilización Reciclaje	Otras construcciones Plantas de compostaje
		Residuos inertes: hormigón armado, ladrillos, cerámicos, materiales de yeso	Reciclaje	Caminería en los SDF. Relleno controlado de lotes
			Eliminación	Escombreras
		Residuos peligrosos: cañería de plomo	Reciclaje	Plantas de reciclaje

Tipos de residuos		Descripción	Alternativas	Destino
		Residuos peligrosos: materiales que contienen amianto, tubos fluorescentes	Eliminación	Relleno de seguridad
	Residuos provenientes de construcción	Residuos no inertes: plásticos, cartón, papel, residuos verdes, metales	Reciclaje	Plantas de reciclaje Plantas de compostaje
		Residuos no inertes: vidrios, madera	Reciclaje Eliminación	Plantas de reciclaje SDF de RSU
		Residuos inertes: hormigón armado, ladrillos, cerámicos	Reciclaje	Caminería en los SDF. Relleno controlado de lotes
			Eliminación	Escombreras
		Residuos peligrosos: baterías, filtros de aceite	Reciclaje	Plantas de reciclaje
		Residuos peligrosos: pinturas, barnices, adhesivos, disolventes, aceites usados	Eliminación	Relleno de seguridad Incineración
	RSU		Eliminación	SDF
<b>Excavación</b>	Residuos provenientes de excavación	Tierra negra	Reutilización Reciclaje	Relleno controlado de lotes Viveros Protección de taludes en obras viales. Acondicionamiento de áreas urbanas
		Suelos inertes	Reciclaje Eliminación	Relleno controlado de lotes Relleno de terrenos fiscales SDF
		Suelos contaminados	Eliminación	Relleno sanitario o de seguridad

Tipos de residuos		Descripción	Alternativas	Destino
<b>Mantenimiento de vías</b>	Residuos provenientes de mantenimiento de vías de tránsito	Pavimentos asfálticos: tosca con riego asfáltico (sin alquitrán)	Reutilización	Uso en la misma obra
		Pavimentos asfálticos: carpeta asfáltica (sin alquitrán), base negra	Reutilización Reciclaje	Uso en la misma obra Depósito c/ Planta Asfáltica
		Pavimentos granulares y Bases granulares: tosca limpia	Reutilización	Uso en la misma obra Uso en otra obra similar
		Pavimentos granulares y bases granulares: tosca mezclada con material de subrasante	Reciclaje	Relleno de lotes privados Terraplenes
		Pavimentos de hormigón: hormigón, suelo cemento limpio, suelo cemento mezclado con material de subrasante	Reciclaje	Caminería en SDF. Otras obras. Relleno controlado de lotes
			Eliminación	Escombreras
Residuos asfálticos con alquitrán	Eliminación	Relleno sanitario (pe. caminería)		

#### 4.1.2 Reducción y reutilización

En función de la aplicación del principio de jerarquía, una de las primeras estrategias para el manejo adecuado de los ROC es buscar su reducción, evitando de esa forma la generación de los mismos.

El carácter clásico y conservador que normalmente tiene el sector de la construcción en Uruguay hace que resulte difícil que se generen, por iniciativa propia, alternativas en las que se pueda aplicar esta estrategia. Más extendida se encuentra la modalidad de reutilización, sobre todo durante las demoliciones, en cuanto a la posibilidad de rescate de algunos elementos que puedan posteriormente ser utilizados nuevamente en otras construcciones, como por ejemplo marcos de puertas y ventanas, algunos tipos de revestimiento, etc.

En este punto se presentan algunas posibles alternativas para la reducción de los ROC que se entiende son viables en el contexto nacional, y que pueden servir como ejemplo o inspiración para el sector de la construcción en la búsqueda de nuevas modalidades adaptadas a sus propias condiciones. Las alternativas analizadas son las siguientes:

- Demolición selectiva

- Herrería de obra a medida
- Separación del suelo orgánico en excavaciones
- Reutilización del material proveniente del mantenimiento de vías de comunicación

#### **4.1.2.1 Demolición selectiva**

Hasta hace unos años las empresas constructoras de grandes obras priorizaban una demolición rápida, el acopio indiscriminado de los residuos generados y su posterior vertido, tanto en sitios formales como informales. Tampoco se tomaban medidas para separar diferentes tipos de materiales, por falta de legislación y control al respecto y por ser, a criterio de los contratistas, incompatibles con la rapidez exigida por la tarea de liberar el sitio para la nueva construcción. En cambio en las obras demolidas por empresas especializadas en la actividad ya se aplicaba el concepto de “demolición selectiva”, muchas veces sin costo para el propietario, ya que la ganancia de estas empresas radicaba en la comercialización de los materiales retirados.

El concepto de “demolición selectiva” implica planificar la demolición de una edificación en función del mayor rescate de elementos reutilizables de dicha edificación, los cuales pueden ser comercializados minimizando así lo que debe finalmente disponerse como residuo. En el esquema de gestión de residuos este concepto de demolición selectiva debiera ampliarse, atendiendo al rescate de todo lo que sea susceptible de posterior reciclaje o aprovechamiento, independientemente de que exista un mercado específico para ello.

Esta actividad obliga a una coordinación permanente en el proceso de demolición, para que el contratista lleve a cabo una separación de los diferentes materiales evitando la mezcla de los residuos reciclables (por ejemplo madera, papel, cartón y plástico) con el resto de los residuos potencialmente aprovechables luego de aplicarle procesos de trituración (tales como hormigón, ladrillos o cerámicos) e impedir asimismo la contaminación de todos ellos con residuos urbanos o peligrosos.

Por lo tanto es necesario planificar y dirigir los trabajos de demolición de una manera diferente a los métodos tradicionales. La demolición selectiva se realiza de manera opuesta al proceso de construcción e implica los siguientes pasos:

- Extraer los desechos y dismantelar las molduras y demás elementos no fijos. Esta actividad requiere que se haga esencialmente a mano.
- Dismantelar la estructura interna lo máximo posible y además retirar las puertas, ventanas, tejas, instalaciones de agua, electricidad, gas y calefacción, etc.
- Demoler el resto de la estructura del edificio mediante el empleo de equipos mecánicos, empleando técnicas y métodos apropiados.

Los materiales producto de la demolición, luego de realizada su separación, pueden ser reutilizados en la posterior obra o comercializados directamente en el

propio lugar de generación, o trasladados fuera de la obra a plantas de reciclaje o eventualmente a sitios específicos de venta.

Estos requisitos de ejecución hacen que el proceso de demolición selectiva resulte más caro en comparación con los métodos tradicionales de demolición. Esto, junto con una mayor duración de todo el proceso de demolición y la necesidad de disponer de personal con mayor calificación para la tarea, son las principales desventajas asociadas a esta alternativa.

En contraposición una de las principales ventajas de la demolición selectiva está en la obtención de una mayor calidad en los materiales de demolición, lo que eleva su precio en el mercado y puede compensar el mayor costo del proceso. Adicionalmente elimina la necesidad de hacer una posterior selección en el caso que los residuos sean trasladados a una planta de reciclaje y también disminuye los costos relativos de transporte, al trasladar mercaderías de mayor valor. Finalmente una última ventaja es que evitaría pagar las tasas de vertido, como por ejemplo la correspondiente a escombros sucios que se cobra en el SDF de Felipe Cardoso.

#### **4.1.2.2 Herrería de obra a medida**

La herrería de obra ejecutada en forma centralizada es una alternativa de reducción propuesta en función de la experiencia del Consultor.

En general toda obra de hormigón armado implica un consumo importante de hierro para las armaduras que lo componen.<sup>4</sup> Es así que en la elaboración de la armadura se generan desperdicios que corresponden a las diferencias entre el consumo teórico que se debería dar por plano y la cantidad de hierro realmente adquirido al proveedor.

La principal ventaja radica entonces en que el desperdicio de hierro se puede minimizar en forma muy importante en obra si las empresas constructoras adquieren la armadura pronta, es decir el hierro ya cortado y doblado con las dimensiones de las piezas según el proyecto de estructura. En la visión global la cantidad de residuos de hierro se mantendría o eventualmente disminuiría algo en función de un mejor aprovechamiento de los restos, pero se trasladaría su generación a una actividad industrial concentrada (empresa cortadora), en donde resultaría mucho más eficaz su reciclaje.

Cabe aclarar que la decisión de utilizar esta alternativa es propia de cada empresa constructora y pasa por un tema netamente económico. Cada empresa tendrá su forma de trabajo establecida según rendimientos conocidos que le permitan utilizar la solución más ventajosa.

Esta alternativa simplemente plantea una posibilidad para minimizar la generación de residuos de hierro en obra, evitando así la potencial contaminación y reduciendo, consecuentemente, posteriores costos de disposición final de residuos y permitiendo que éstos ingresen nuevamente y en óptimas condiciones al proceso de fundición.

---

<sup>4</sup> La cuantía promedio en obras de hormigón armado en Uruguay es alrededor de 80 kg/m<sup>3</sup> de hormigón

#### **4.1.2.3 Separación del suelo orgánico en excavaciones**

Cuando se efectúan excavaciones la separación de la capa orgánica de suelo, y su acopio adecuado, presenta varios factores positivos.

Por una parte minimiza el volumen en la generación de residuos de excavación y permite su posterior utilización para reacondicionar áreas dentro del propio predio, o su eventual comercialización para jardinería. En el caso que el contratista reutilice, en su propia obra, el suelo orgánico extraído en la excavación, estaría realizando una reducción de residuos, mientras que si lo comercializa estaría constituyendo una valorización de los mismos.

Por otra parte, la ejecución de esta práctica implica un reconocido beneficio ambiental, puesto que reduce una pérdida de suelo orgánico de valor significativo, lo que constituye un impacto ambiental muy difícil de revertir. Justamente este último aspecto, en aplicación del principio de prevención y previsión enunciado en el capítulo 3, sugiere, en las excavaciones que se realicen, la imposición de la práctica de separación del suelo orgánico.

#### **4.1.2.4 Reutilización del material proveniente de la construcción y mantenimiento de vías de tránsito**

En lo que se refiere al manejo de residuos generados en tareas de construcción y mantenimiento de vías de tránsito, las alternativas de reutilización dependen del tipo de pavimento en cuestión.

Para los residuos generados en el mantenimiento de vías con pavimento de hormigón existe una variada gama de alternativas de reutilización, que puede ir desde su empleo para relleno de lotes con suelo de muy bajo poder de soporte hasta su uso como material de relleno en sistemas de drenaje. Otras alternativas posibles son su utilización para protección de terraplenes susceptibles de ser erosionados o como material de base en la construcción de nuevas calles o carreteras. Asimismo, otro grupo de alternativas está dado por la posibilidad de utilizar estos residuos como agregados para la elaboración de carpetas o bases negras, construcción de pavimentos de hormigón, cordones, barreras divisorias u hormigones estructurales que no requieran altas prestaciones.

Para los residuos generados en el mantenimiento de vías con pavimentos de carpeta asfáltica las alternativas de reutilización comprenden su uso directo en distintos tipos de relleno o como aporte en zonas de muy bajo poder soporte, También cabe su uso como material a triturar para la fabricación de agregados pétreos destinados a elaboración de nuevas carpetas, bases negras, o material de aporte de bases granulares utilizadas en la construcción de calles o carreteras.

#### **4.1.3 Clasificación**

Una vez reducida al máximo la producción de residuos, se presenta el problema de cómo manejar los mismos de forma de minimizar tanto los costos operativos como los impactos ambientales que un mal manejo puedan producir.

Los ROC se pueden clasificar, en función de su naturaleza, en las siguientes categorías:

**Residuos asimilables a domésticos.** Son aquellos que se generan en obra como restos de alimentos, envases descartables, cáscaras, bolsas de polietileno, etc. A éstos hay que agregar las bolsas de residuos domésticos, resultantes de la práctica actualmente muy extendida en la población, de depositar sus residuos dentro los contenedores para disposición de escombros.

**Residuos especiales o peligrosos.** Son aquellos residuos que pueden estar compuestos por materiales peligrosos, tales como restos de electrodos, pilas, envases de pintura, solventes, aditivos, y residuos contaminados con hidrocarburos (tales como trapos, viruta, suelo y cualquier otro material que haya resultado contaminado al derramarse hidrocarburos en una operación de abastecimiento de combustible, o de limpieza de un derrame) y otros residuos especiales de particular gestión como por ejemplo cubiertas, aceites usados y baterías usadas.

**Residuos inertes.** Son aquellos residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Ejemplo de ellos son los escombros tales como ladrillos, azulejos, cerámicos y hormigones, y también las tierras procedentes de las excavaciones.

**Residuos no inertes.** Por exclusión de las clases anteriores comprende los residuos derivados de materiales tales como plásticos (envases no contaminados con hidrocarburos u otras sustancias tóxicas, restos de tuberías, etc.), papel y cartón (cajas de cartón, bolsas de cemento, etc.), maderas (restos de encofrado, puntales, etc.) y metales (restos de varillas de acero, clavos, trozos de chapa, etc.).

De la aplicación de los principios anteriormente detallados surgen las principales líneas de acción a implementar para el manejo de los ROC. Estas son la separación de los posibles residuos peligrosos y la valorización de la mayor cantidad posible de los residuos restantes, ya sea a través del aprovechamiento directo, en reciclajes posteriores a un tratamiento o en una valorización energética de los mismos. Para aquellos residuos que no son susceptibles de valorización se debe proceder a la mejor forma de disposición final. La clave para la aplicación de cualquiera de estas líneas de acción es la clasificación y manejo de los residuos en obra, por lo tanto en este numeral se aborda este tema presentando las alternativas existentes para ello así como las dificultades que pueden surgir.

En la actualidad no existe una cultura que implique la clasificación de los ROC más allá de aquellos pocos que tienen un valor de mercado en la reutilización o reciclaje. Esto hace que, como se manejó en los EB, la gestión de todos los ROC se realice como un único conjunto, presentando entonces los ROC un porcentaje de residuos asimilables a domésticos mayores a los aconsejables. Estos residuos mezclados, denominados genéricamente “escombros sucios”, actualmente tienen como único destino recomendable su disposición en un relleno sanitario, lo cual se considera altamente inconveniente porque se está ocupando espacio con residuos inertes que podrían ser dispuestos en otro sitio en forma segura.

Lo antes expuesto lleva a la necesidad de estimular la clasificación de los ROC previamente a sus posteriores etapas de manejo, de forma tal que el destino de cada uno de los mismos sea el más adecuado. Los diferentes tamaños que pueden presentar las obras civiles, así como la efectiva disponibilidad de espacio que puedan tener para realizar esa clasificación, obligan a analizar al menos dos situaciones posibles:

- Clasificación de residuos directamente en la obra
- Instalación de plantas de clasificación de ROC

#### **4.1.3.1 Clasificación en obra**

Un aspecto fundamental para el adecuado manejo de los ROC es la clasificación en obra de los mismos, ya que esto permite que los distintos residuos puedan ser derivados a sus destinos más adecuados. Para realizar una correcta clasificación en obra es necesario tener en cuenta los distintos tipos de residuos en los que se puede agrupar la separación, atendiendo tanto a aquellos que provienen de la obra misma como a aquellos que pueden ser incorporados por agentes externos a la misma.

La ausencia de clasificación en obra estimula el tratamiento informal de los residuos, ya que dificulta fuertemente alternativas de manejo como el reciclaje capaz de generar valor sobre los mismos. Por otra parte se trata de una situación desaconsejable ya que atenta severamente contra el principio de jerarquía enunciado como base para las recomendaciones del Plan Director, así como contra otros principios tales como el de prevención y previsión y el de reducción de los desechos peligrosos.

A continuación se presentan diferentes alternativas posibles de clasificación en obra, las cuales se diferencian entre sí por el grado de exigencia que presentan.

##### **A Separación simple**

La primera alternativa propone realizar una separación en obra entre los residuos asimilables a urbanos generados dentro de la obra, y el resto de los residuos provenientes de ella. Además debe vigilarse que agentes externos no viertan RSU dentro de los contenedores de residuos de la obra.

La implementación de esta alternativa se puede lograr de forma relativamente sencilla, instalando dentro de la obra contenedores dotados de bolsas negras para los residuos asimilables a urbanos y protegiendo adecuadamente los lugares de almacenamiento de residuos de la obra (volquetas o similares) o vigilando que la población no vierta sus residuos en ellos, como ha sido costumbre hasta el momento. Será responsabilidad de la empresa constructora o del propietario de la obra que en cada frente de trabajo se disponga de las bolsas para residuos necesarias, verificando además que los sitios de trabajo estén siempre libres de ese tipo de residuos. Los residuos asimilables a urbanos así separados podrán ser dispuestos en el sistema de contenedores de RSU o recolectados por el sistema de transporte disponible en la zona de la obra.

La separación de los residuos urbanos del resto permitirá que éstos últimos puedan ser procesados en destinos finales diferentes a los rellenos sanitarios. A los efectos de estimular esta separación, y puesto que la disposición de ROC contaminados con residuos urbanos reduce la vida útil de los rellenos sanitarios, será necesario implementar una tasa extra a pagar por aquellos responsables de obras que no realicen dicha separación.

La implementación de esta práctica demanda cierto esfuerzo de educación del personal de la obra, así como la ubicación de los lugares de almacenamiento protegidos (por ejemplo volquetas con tapa) o adecuadamente apartados de personas ajenas a la obra.

Esta alternativa plantea un comienzo de clasificación de residuos muy simple, como un primer paso en la concienciación de los generadores acerca de la conveniencia de clasificar sus residuos en origen.

## **B Separación intermedia**

La segunda alternativa a manejar es realizar también, además de lo establecido en la alternativa anterior, la separación de los residuos peligrosos que se generen en la obra o de aquellos residuos especiales que requieran una particular gestión.

Los residuos asimilables a urbanos se separarán de forma similar a lo planteado en la alternativa anterior, en tanto los residuos especiales y peligrosos se colocarán en tanques estancos con tapa, claramente rotulados con carteles de "Residuos Peligrosos". El resto de los residuos de obra se manejarán en forma conjunta y estará compuesto tanto por residuos inertes, como por residuos no inertes.

Una vez implementada esa separación deben extremarse las medidas para que la acumulación de residuos peligrosos en obra no signifique un incremento del riesgo de causar un impacto ambiental sobre el suelo y la napa freática. Por tanto el manejo de estos residuos requerirá la selección de contenedores adecuados y de un emplazamiento para su almacenamiento apropiado, manejándose en forma separada al resto de los ROC.

Como regla general los residuos peligrosos deberán retirarse directamente desde tanques especialmente destinados y ser trasladados fuera de la obra sin ser acopiados sobre el suelo natural, hasta su gestor o sitio de disposición final. En caso de requerirse un acopio transitorio dentro de la obra éste se deberá implementar en una zona con suelo impermeable, con posibilidad de captación de efluentes en caso de derrames y eventualmente techada, si las características de los residuos así lo requieren. El manejo posterior fuera de la obra de los residuos peligrosos será similar al que se presenta para los RSI Cat I+II.

La implementación de esta alternativa demanda una gestión en la obra más ordenada que la práctica actual, y eventualmente requiere de algunas instalaciones adicionales tales como diferentes tipos de contenedores adecuadamente etiquetados para diferentes tipos de residuos. Una ventaja importante sería poder disponer los residuos inertes en sitios de disposición final

con menores exigencias técnicas y por lo tanto menores costos de instalación y operación.

Esta separación de los residuos peligrosos es una alternativa prevista a mediano plazo ya que, si bien se trata de una mejora ambiental, es indudable que el porcentaje de residuos peligrosos que integran el total de los ROC es muy bajo, (debajo del 5 %), por lo que su mezcla tampoco implica un impacto ambiental muy significativo.

### **C Separación completa.**

La última alternativa plantea realizar una separación completa en obra, agregando, además de las clasificaciones antes mencionadas, la separación entre residuos inertes y no inertes de acuerdo a lo indicado en la Tabla 4-1.

Los residuos asimilables a urbanos y aquellos especiales o peligrosos se separarán en la forma planteada en la alternativa anterior, en tanto el resto de los residuos de obra contendrá una mezcla de inertes y no inertes.

Dentro de los residuos inertes se encuentran por una parte los denominados genéricamente escombros, generados principalmente en las obras de demolición, y por otra parte los materiales provenientes de excavaciones. Generalmente todos aquellos escombros o materiales provenientes de las excavaciones que no vayan a ser reutilizados en la propia obra se retiran de ella una vez terminadas las tareas de demolición. Si el retiro desde el frente de obra no se realiza directamente hacia el sitio de disposición final se debe instalar dentro del predio de obra un área de acopio transitorio claramente identificada.

Para el caso particular de los residuos de excavaciones en zonas donde hubieran existido fábricas o depósitos de materiales peligrosos que hubieran podido contaminar esos suelos, se deberá, previamente a la excavación, realizar cateos y análisis de muestras para determinar si esos suelos tienen un grado de contaminación tal que pueda considerarse como peligroso. En tal caso el almacenamiento y transporte de esos suelos deberá realizarse según la pauta de manejo establecida para los residuos peligrosos.

Los escombros se dividen en dos tipos: escombros de hormigón y escombros de albañilería, y dado que es factible un uso posterior distinto para cada tipo de escombro es conveniente clasificarlos en esos dos tipos con anterioridad a su envío al sitio de disposición final. Naturalmente esta situación no será necesaria en los casos de que en el sitio de disposición final no sean procesados por separado los escombros, (por ejemplo, cuando se hubiera autorizado utilizar el escombro para el relleno de una zona baja, sin requerimientos especiales en cuanto a las características del material).

Dentro de los residuos no inertes se encuentran los metálicos, los residuos de madera y los de papel y cartón. Los residuos metálicos incluyen trozos de varillas, restos de alambre, clavos, chapas, etc. Aquellos restos metálicos que no puedan ser reutilizados en obra se podrán colocar en tanques o en una zona claramente delimitada en el área de acopio de materiales, con un cartel con la leyenda "chatarra", antes de su posterior traslado a sitios de valorización o disposición autorizados. Los restos de madera que no puedan ser reutilizados en

obra, una vez separados de ellos todos los clavos, alambres y demás restos metálicos, se colocarán en un lugar adecuado del predio y por lo general encontrarán su destino final como leña, en la propia obra o fuera de ella.

La implementación de esta práctica de separación entre residuos inertes y no inertes permite, por una parte, la obtención de materiales que tendrán como destino un aprovechamiento en otra obra civil, o su comercialización con otro propósito, y por otra parte reducir la cantidad de residuos que deban ser finalmente trasladados hasta su disposición final, desglosando, además, si corresponde, los destinos según las características específicas de los residuos.

Esta alternativa podría plantearse como un objetivo deseable a mediano o largo plazo, en función del grado de concienciación existente hoy en el ámbito de la construcción en lo que se refiere a la implementación de prácticas de separación en origen.

#### **D Recomendación del Consultor**

Por lo antes expuesto se entiende imprescindible la implementación de prácticas de separación en obra de los ROC.

Se recomienda comenzar con una acción gradual de educación de los generadores y de la población en general tendiente a lograr, en una primera etapa, la separación de los ROC de los residuos asimilables a urbanos, destacando la importancia y las ventajas que tiene la adopción de este tipo de prácticas. La población debe tomar conciencia de la inconveniencia de depositar sus residuos urbanos en las volquetas destinadas a los ROC y los generadores comprender las ventajas económicas de tener ROC limpios que puedan posteriormente ser comercializados ventajosamente.

Naturalmente que la educación debe estar respaldada por la acción de inspectores que en un principio aconsejen a seguir esta práctica y posteriormente estén autorizados a poner multas disuasivas de conductas inconvenientes.

Luego de un tiempo, cuando exista ya un mayor grado de concienciación de parte de los generadores y demás involucrados, se deberá pasar a una segunda instancia que propugne la separación en obra de los residuos especiales y peligrosos. Ésta segunda instancia debe pensarse como un objetivo de más largo plazo, cuando ya los generadores de residuos estén habituados a la separación en origen y una nueva separación no sea difícil de implantar. Además ya tendrán conciencia que con ello se permite la valorización sistemática de los residuos separados.

Al igual que en el caso anterior es importante el desarrollo de una educación sistemática al respecto, la implementación de los mecanismos que hagan sencilla la práctica (recipientes rotulados o bolsas de distinto color) y la presencia de inspectores, al principio con un rol de educadores y luego con potestad de sancionar prácticas inconvenientes.

#### **4.1.3.2 Plantas de clasificación**

A continuación se analizan diversas alternativas relativas a la instalación de plantas de clasificación específicas para ROC, previstas para dar servicio a aquellas obras en las que, por razones de espacio o de gestión, no se pueda o no se prefiera realizar la clasificación de residuos.

Los diversos tipos de plantas de clasificación varían según su tecnología, la cual está directamente relacionada con el tipo y grado de separación que se pretenda alcanzar, y consecuentemente presentan variaciones económicas significativas entre ellas. En todos los casos las plantas recibirían los ROC sucios o mezclados desde la obra y procederían a su clasificación según los criterios planteados en el numeral anterior.

A continuación se presenta una breve discusión sobre la posible localización de las plantas de clasificación y posteriormente el análisis de tres tipos de plantas de diferente grado de complejidad.

##### **A Sobre la localización de las plantas**

Para la localización de las plantas de clasificación de ROC existen distintas alternativas. La primera de ellas es que las plantas se instalen en predios donde ya existe actividad municipal relativa a la gestión de residuos sólidos, como por ejemplo aquellos sitios en los que actualmente funcionan los SDF. Una variante a la alternativa anterior es que las plantas de clasificación se instalen en predios en los cuales se pretende simultáneamente implementar infraestructuras que formen parte del sistema de gestión de los ROC, como ser los correspondientes a escombreras o a canteras destinadas a la disposición final de ROC.

Una alternativa diferente es ubicar estas plantas en predios especialmente dedicados a la clasificación de ROC. Esta alternativa tiene la desventaja de que incorpora en la cadena de manejo propuesta para los ROC un nuevo destino, aumentando los costos de transporte y, por tratarse de un lugar nuevo, sin otro uso previsto dentro de esa cadena, se tendrían costos de instalación y funcionamiento superiores a los de las alternativas anteriores.

En todos los casos una definición de localización de las plantas de clasificación debe contemplar el muy factible surgimiento de un rechazo de la población vecina al lugar. Más allá de que se comparta la necesidad o conveniencia de disponer de este tipo de infraestructura para la mejor gestión de los residuos, en general nadie prefiere que esta infraestructura se instale en su vecindad inmediata. Seguramente esta barrera es mucho más débil en zonas ya afectadas por la presencia de SDF o en las cuales ya se haya definido la localización de una escombrera.

##### **B Plantas manuales**

Se trata de plantas elementales que consisten básicamente en un predio donde se vuelcan los ROC mezclados y se realiza manualmente la separación de los distintos tipos de residuos, los cuales se van depositando en contenedores adecuados para enviar a sus diferentes destinos cuando están completos. Si bien puede haber muchos tipos de contenedores posibles, parece razonable

mantener las volquetas de 6 m<sup>3</sup> como los contenedores más apropiados para este trabajo.

La clasificación deberá seguir los criterios establecidos en el punto 4.1.3, separando según las cuatro categorías de residuos allí establecidos. El personal que realice la tarea debe estar equipado con elementos de seguridad personal tales como guantes, botas y lentes especiales.

Los principales requisitos para el predio son la disponibilidad de amplios espacios adecuadamente separados, para colocar los residuos a clasificar y los distintos tipos de residuos ya clasificados para su carga y transporte, y de drenajes adecuados que minimicen el escurrimiento de agua de lluvia sobre los residuos o el riesgo de inundación del predio. Además deberá contar con instalaciones para el personal, como ser baños, vestuarios y comedor.

### **C Plantas mecánicas**

Se trata de plantas de clasificación que cuentan con elementos mecanizados que hacen más eficiente la tarea de separación de residuos y minimizan los recursos humanos asignados con tal fin. Las más tecnificadas cuentan con cribas, cintas transportadoras y dispositivos que clasifican los distintos tipos de residuos según su densidad.

Uno de los métodos utilizados en este tipo de plantas es la eliminación de impurezas con aire a presión por conductos dotados de filtros por los que circula el flujo de residuos, con lo cual se consigue separar los componentes de distintos tamaños

Otro método de separación de impurezas es el llamado método húmedo, en el cual los residuos se someten a un lavado en el que se eliminan las arcillas, cenizas, polvos y otros materiales finos. Los elementos livianos como maderas, papel, cartón, plásticos o yeso se separan por flotación. Este método tiene el inconveniente de consumir grandes cantidades de agua.

Además de alguno de los métodos anteriores, la planta debe contar con tolvas donde se viertan los residuos no clasificados y, por medio de cintas transportadoras, se lleven a tamices que los clasifiquen por tamaño.

Como aspectos negativos de la implementación de plantas de clasificación se destaca el importante costo de las plantas totalmente mecanizadas, además de tener, para el caso de la separación por el método húmedo, grandes consumos de agua.

Es claro que, si bien en este tipo de plantas predomina la actividad mecanizada, es necesario igualmente contar con personal calificado que supervise el funcionamiento de la planta y realice algún tipo de actividad complementaria, como ser el retiro de las impurezas de mayor tamaño.

### **D Plantas mixtas**

Se trata de plantas que combinan los dos tipos de plantas antes descriptos. Los residuos mezclados que llegan a la planta primeramente se separan de forma manual, distinguiendo los asimilables a urbanos, los residuos peligrosos y los restantes, y se vuelcan a tolvas para posteriormente someterlos a alguno de los procedimientos mecanizados de separación establecidos en el punto anterior.

Al igual que en los otros tipos de plantas, luego de la clasificación en distintos tipos de residuos se debe proseguir con la cadena de manejo prevista para los mismos. Algunos de esos residuos pueden ser comercializados directamente desde las instalaciones de la planta o transportados hasta alguna planta de reciclaje para su valoración, en tanto otros serán derivados hasta su disposición final.

Cualquiera de estas alternativas, pero sobre todo las que no son totalmente mecanizadas, implican capacitación del personal que se asigne a la planta en temas relativos a los procedimientos a llevar a cabo para una correcta clasificación, así como en lo inherente a los materiales aptos para ser comercializados, y acerca de las características que deben cumplir los materiales inertes para poder ser fragmentados o triturados para nuevos usos, etc.

## **E Recomendación del Consultor**

Por lo antes expuesto se recomienda la implementación de plantas de clasificación mixtas, a integrar al sistema de gestión de los ROC, como forma de comenzar a formalizar la separación en la cadena de gestión de los ROC y además porque esta actividad presenta ventajas desde el punto de vista ambiental.

De forma similar a lo expuesto para el caso de clasificación en obra, se cumple el principio de prevención y previsión y se facilita la adopción del principio de jerarquía en el manejo de los ROC, ya que los materiales resultantes de este proceso pueden pasar directamente a ser reciclados. Otra ventaja ambiental es la separación de los residuos peligrosos del conjunto de residuos que integran los ROC, cumpliendo de este modo con el principio de reducción de los desechos peligrosos.

Además de las ventajas ambientales existe una potencial ventaja económica, desde el momento que los procesos de clasificación y separación por tipo de residuos permiten una posterior valorización económica de los mismos. Este aumento en el valor de mercado de los materiales separados permite crear o potenciar fuentes de ingresos para los clasificadores de residuos.

Con respecto a la ubicación de las posibles plantas se recomienda que ellas se localicen en predios donde ya existen otras tareas de gestión de residuos. Esto permite aumentar la eficiencia del sistema que se pretende diseñar, ya que integra dos etapas del mismo en un solo punto geográfico con la disminución de costos que ello implica, a la vez que despierta menores barreras sociales que pudieran surgir desde la población vecina.

### **4.1.4 Valorización de ROC**

Las prácticas de valorización de los ROC son de gran significancia económica y ambiental debido al gran volumen de residuos que son generados. La necesidad de reducir el volumen de residuos a disponer y la posibilidad cierta de reciclaje de la mayor parte de los ROC, hacen de las prácticas de valorización la alternativa más adecuada.

En nuestro país, la valorización se realiza a través de distintos tipos de aprovechamientos, es decir usos para los que no media ningún tipo de tratamiento. Estos aprovechamientos son: mantenimiento de caminería secundaria, rellenos de terrenos o recuperación de áreas degradadas. No siempre las condiciones en que estos aprovechamientos se realizan se consideran aceptables. En la mayoría de los casos producen impactos ambientales a mediano y largo plazo, lo que hace que se vuelva necesario implementar criterios para el desarrollo de los aprovechamientos y controles para evitar el manejo informal de los mismos.

Además de los aprovechamientos, en las prácticas de valorización se pueden encontrar distintas formas de reciclaje, e incluso de valorización energética para ciertos residuos derivados de obras civiles. En otros países, donde el control sobre el manejo de los ROC es más estricto, muchas de ellas han sido desarrolladas por iniciativa privada, ante la existencia de un nicho de mercado a ser atendido. Estas iniciativas implementaron prácticas de tratamiento para la producción de materiales que pueden ser utilizados nuevamente en obras civiles. El mercado uruguayo no ha desarrollado este tipo de modalidades, debido a varias causas que pasamos a reseñar:

- Inexistencia de un control estricto sobre el manejo y disposición de los ROC por lo que no representa un costo su disposición
- Existencia de buena calidad de materiales de construcción a precios muy baratos, lo que no incentiva el uso de materias recicladas
- Una cultura muy conservadora en las empresas dedicadas a la construcción lo que genera un fuerte rechazo al empleo de procedimientos que no sean los tradicionales.

Sin embargo es necesario analizar las posibles alternativas para ver cuales y en que casos son posibles su implementación dentro del AMM.

Finalmente, se aclara, que si bien en otros países la valorización energética es una alternativa posible para cierta parte de los ROC, en el caso uruguayo se entiende que la cantidad de ROC con potencialidad de valorización energética es despreciable, ya que la presencia de madera en los ROC es marginal.

A continuación se analizarán las siguientes prácticas de valorización:

- Modalidades de aprovechamientos
- Tratamientos para los ROC
- Posibilidades de reciclajes del material tratado

#### **4.1.4.1 Modalidades de aprovechamientos**

Una forma de valorización de los residuos de obras civiles es su aprovechamiento, es decir, darles usos diferentes a los residuos en forma directa, sin que medie ningún tipo de tratamiento.

El mayor volumen de los residuos que puede ser aprovechado se compone de excedentes de excavación producidos en los movimientos de suelo, generados durante la construcción, las excavaciones para obras de saneamiento y el mantenimiento de una variedad de obras de infraestructura. También se

obtienen excedentes de excavación en las obras de arquitectura, cuando se construyen las fundaciones para las diferentes estructuras.

En los Estudios Básicos se ha determinado que el volumen de generación de los residuos de excavación en el área metropolitana para el año 2003 fue de 237.000 ton/año. Se hizo además una proyección para el año 2025 obteniéndose una generación proyectada de residuos de excavación de 400.000 ton/año (Ver Tabla 3-2).

Generalmente en los procesos de excavación, se realiza la remoción y acopio por separado del material orgánico y del material inerte.

El material orgánico se utiliza luego para:

- la vuelta a la vegetación de suelos sin cobertura o
- la recuperación de áreas degradadas

Mientras que el material inerte se puede utilizar para:

- mantenimiento de caminería secundaria,
- relleno de predios particulares o recuperación de pasivos ambientales.
- mejoramiento de calles de material granular en mal estado.

Para un aprovechamiento del material orgánico generado en la excavación, éste debe tener características de limpieza que lo haga apto para ser utilizado directamente, sin que se lo someta a tratamiento alguno.

El material inerte que cumpla con ciertos requisitos de tamaño no necesitará ser sometido a ningún tipo de tratamiento o reciclaje y podrá ser aprovechado directamente. Este material inerte, que se aprovechará para relleno de terreno, no deberá contener tamaños mayores a 60 mm.

A su vez, mediante la implementación de la práctica de separación en obra, se obtienen materiales con destino a su aprovechamiento en otra obra civil, o su comercialización con otro propósito.

Los residuos de excavación deberán acopiarse previamente a su transporte. Dicha actividad tiene por finalidad alcanzar una cantidad de residuos que haga económicamente viable su traslado hacia el destino previsto. Las grandes empresas generadoras deberán almacenar los residuos de excavación en zonas de acopio especialmente acondicionadas en algún lugar de la obra, para su posterior transporte a granel.

El transporte de residuos aprovechables se realizará en camiones destinados a este fin, sin descartar la posibilidad del uso de volquetas, para el caso de empresas generadoras de pequeñas cantidades en volumen de residuos a transportar.

La implementación de esta alternativa trae como consecuencia una gestión más ordenada en la obra.

#### **4.1.4.2 Tratamientos para producir materiales reciclables**

Dado que la valorización de todos los ROC no se puede realizar a través del aprovechamiento, es necesario en la mayoría de los casos, una transformación

física de los mismos para facilitar su reciclaje. Esto implica la aplicación de algún tipo de tratamiento para adaptar los ROC que no son directamente aprovechables, pero que son susceptibles de reciclaje, para poder ser utilizados en alguna actividad.

A continuación se analizarán los posibles tratamientos con el objetivo de producción de los áridos artificiales por medio de triturado u otros procedimientos. La producción de éstos parte de la materia prima que es el ROC ya clasificado, y por lo tanto presupone que se ha realizado el manejo adecuado en obra o que se ha implementado unidades de tratamiento que respondan al primer tipo.

### **A Unidades de producción de áridos**

Luego del proceso de separación y clasificación, ya sea en la propia obra o en las plantas específicas para dicha tarea, surge la posibilidad de reciclar los residuos inertes que componen los ROC.

Los residuos inertes se dividen en dos grandes grupos, los escombros que contienen hormigón y los que están constituidos por mampostería

Los escombros de hormigón requieren, para poder ser reciclados, sufrir un tratamiento que tenga como resultado la obtención de tamaños adecuados para poder ser utilizados con distintas finalidades. Teniendo en cuenta las mismas, se les aplica previamente un proceso de fragmentación o trituración hasta reducirlos a los tamaños aptos para el uso a que sean destinados. Estos usos pueden ser:

- usos de características viales, por ejemplo bases y sub bases para pavimentos, las cuales deben tener un buen desempeño y en general un valor alto del CBR.
- usos para mantenimiento de caminos secundarios en zonas de bajo tráfico.
- usos para sustitución en terrenos de muy mala calidad (para ello se destina habitualmente el material denominado “descarte de cantera” que contiene desde piedras de un tamaño similar al utilizado para hormigón ciclópeo, hasta materiales finos).
- usos para la construcción de drenes.
- usos para la fabricación de hormigones “pobres” y hormigones ciclópeos
- usos para la fabricación de hormigones de calidad media
- uso para la prefabricación de bloques de hormigón para albañilería.

Los escombros provenientes de mampostería pueden ser usados como rellenos de terrenos o como material adecuado para el mantenimiento de caminos de balasto, por ejemplo los caminos de acceso e internos del SDF de Felipe Cardoso. Las características resistentes de este tipo de material son bastante menores a las de los escombros de hormigón, es por ello que los procesos de reducción apropiados para obtener los tamaños óptimos para los usos antes mencionados, son más simples.

Para utilizar estos tipos de residuo debemos manejar diversas opciones para su tratamiento y posibles usos. Para realizar este tratamiento podemos plantear las siguientes alternativas y los posibles destinos del material obtenido:

#### Proceso de fragmentación y clasificación

En el caso de escombros de hormigón, la primer alternativa es la de implementar una o varias plantas muy básicas con fragmentación por impacto y clasificación.

El proceso tiene dos etapas, una primera etapa de fragmentación, utilizando un martillo neumático montado sobre una retroexcavadora hidráulica o una pesa montada en una grúa de cables, y una segunda etapa de clasificación utilizando un sistema de cribado que permita separar el resultado de la fragmentación en diferentes tamaños. De esta forma se puede reducir los escombros a una granulometría similar al material conocido como “descarte de cantera” o como piedra para hormigones ciclópeos. Esta operación se complementa con una eliminación manual de las impurezas no deseadas que aún integren el resultado de la fragmentación.

Para el caso de los escombros de mampostería se proponen dos alternativas posibles para realizar los procesos de fragmentación.

**a) Proceso de fragmentación-compactación:** esta alternativa consiste en realizar un proceso de fragmentación y compactación en el mismo lugar en el que se va a utilizar.

Luego de tendido este material con su granulometría original, se realiza el proceso de fragmentación – compactación mediante las pasadas sucesivas de un equipo de compactación autopropulsado del tipo pata de cabra o rodillo liso. Con alguno de estos equipos se logra obtener las características técnicas apropiadas a las características de la base. Si bien es aceptable una granulometría heterogénea, se debe definir como criterio de aceptación un tamaño máximo de los mampuestos a ser usados con este fin.

**b) Proceso de fragmentación-clasificación:** La segunda alternativa es similar a la propuesta para la fragmentación de los escombros con hormigón, es decir utilizar la técnica de impacto para reducción de tamaño de los mampuestos. Esta alternativa implica, además de contar con una grúa de cables con una pesa para realizar el impacto, contar con una pala que cargue el material fragmentado para su posterior transporte al destino. El proceso continúa con el tendido del material en el sitio a ser usado y el posterior pasaje de algún equipo de compactación como los descritos en la alternativa anterior.

#### Procesos de trituración

Se proponen para los escombros de hormigón, además de la alternativa anterior, dos alternativas que consisten en diseñar una planta de trituración tecnificada. Esta planta consiste en implementar una trituradora fija acorde con los volúmenes de escombros de hormigón que se generan en el AMM. Esta trituradora puede diseñarse de dos formas distintas, sólo con trituración primaria o, de forma más tecnificada, con trituración primaria y secundaria. Estas dos posibilidades de diseño obligan a realizar un estudio detallado para cada una de las posibilidades. Las alternativas propuestas son:

**a) Trituración con primaria:** Esta alternativa consiste en trituración sólo con primaria para su uso en bases de pavimentos y/o drenes. Dicha trituración se realiza generalmente por machaqueo con trituradoras de mandíbulas. A la salida de ésta, se encuentra una cinta que atraviesa un separador magnético que recupera los elementos metálicos, barras, clavos, pasadores de acero y todo material metálico. Esta alternativa, por ser más tecnicada que la alternativa anterior, produce tamaños más homogéneos y además, gracias a sus componentes y su configuración, realiza una separación mucho más eficiente. Una desventaja es que las plantas fijas necesitan instalaciones propias y terrenos lo que se traduce en una inversión más elevada. Además la heterogeneidad de los ROC obliga a equipar la planta con maquinaria de gran robustez y sobredimensionada para la capacidad nominal prevista de tratamiento.

**b) Trituración con primaria y secundaria:** La otra alternativa de trituración es con primaria y secundaria para su uso, por ejemplo, en nuevos hormigones. Esta solución es igual a la anterior, con el agregado de la trituración secundaria por impacto, obteniéndose, tras su cribado y clasificación, un material de granulometría adecuada para sus posteriores usos.

#### Ventajas y desventajas de los procesos

Luego de presentadas las alternativas de tratamiento posibles para los escombros de hormigón, se analizan las ventajas e inconvenientes que las mismas presentan.

Las principales ventajas, sobre todo desde el punto de vista ambiental, que presentan cualquiera de las tres alternativas de tratamiento, son:

- La disminución del volumen de escombros que se producen a los cuales hay que darles una alternativa de disposición final adecuada.
- La reducción del número de canteras en explotación necesarias para el suministro de materiales naturales para la construcción.

Estas alternativas presentan las siguientes desventajas:

- Introducción de nuevos aspectos ambientales negativos producidos por unidades de tratamiento, tales como: generación de polvo, gases, generación de ruido y vibraciones, etc.
- Aumento de los costos sobre el actual manejo de los ROC lo que podrá repercutir en los costos de la construcción.

#### Recomendación del PDRS

La baja producción de material de hormigón a triturar por hora, hace prever que el proceso de trituración no sea rentable frente a la alternativa de fragmentación y clasificación. De todos modos se estudia su rentabilidad tomando los valores de generación de la IMM, siendo que son el 85% del total de los residuos. Este estudio se presenta en forma detallada en el Anexo

A continuación se presentan los resultados de estimaciones de costos de las tres alternativas propuestas para los escombros de hormigón, correspondientes a volúmenes de material tratado:

- Costo de fragmentación y clasificación: US\$5,87 /m<sup>3</sup>
- Costo de trituración con primaria: US\$ 14,51 /m<sup>3</sup>
- Costo de trituración con primaria y secundaria: US\$ 18,28 /m<sup>3</sup>

**Tabla 4-2: Costos de Fragmentación y Trituración**

	Fragmentación y clasificación		Trituración con primaria		Trituración con primaria y secundaria	
	US\$ 5,87 /m <sup>3</sup>		US\$ 14,51 /m <sup>3</sup>		US\$ 18,28 /m <sup>3</sup>	
Amortización y costo financiero	13 %	0,76 US\$/m <sup>3</sup>	24,25 %	2,09 US\$/m <sup>3</sup>	28,92 %	3,59 US\$/m <sup>3</sup>
Operación y mantenimiento	22,4 %	1,31 US\$/m <sup>3</sup>	45,77 %	3,95 US\$/m <sup>3</sup>	47,55 %	5,90 US\$/m <sup>3</sup>
Mano de obra	47,5 %	2,79 US\$/m <sup>3</sup>	29,98 %	2,59 US\$/m <sup>3</sup>	23,53 %	2,92 US\$/m <sup>3</sup>
Equipos suministrados por terceros	17,1 %	1,01 US\$/m <sup>3</sup>	-	-	-	-
Costos clasificación y fragmentación	-	-	-	5,87 US\$/m <sup>3</sup>	-	5,87 US\$/m <sup>3</sup>

Como se concluye claramente en el análisis presentado en el Anexo, los costos de las dos alternativas de trituración están lejos de ser rentables frente a los precios de mercado de materiales naturales de similares o muchas veces con mejores características técnicas que los producidos.

Debido a lo anterior, se recomienda para los escombros de hormigón la aplicación del proceso de fragmentación y clasificación. Esta es la única alternativa que logra ser competitiva económicamente con los áridos naturales, además de tener una calidad similar, ya que su costo de US\$ 5.87/m<sup>3</sup> es del orden de los áridos naturales: descartes de cantera sucios US\$ 4,80/m<sup>3</sup> de Cantera 3 y US\$ 5,40/m<sup>3</sup> de Cantera 1 y balasto natural US\$ 5.60 /m<sup>3</sup> de Cantera 2, todos de la zona de La Paz. (Ver Anexo).

Este material tiene posibilidades de ser reaprovechado en nuevas obras, y su comercialización podría, de desarrollarse el mercado, cubrir en parte los costos de producción. El mercado podría ser capaz de absorber la producción sin dificultades, pues es una producción pequeña y el material puede ser utilizado en el mantenimiento de la red vial o en la construcción de las infraestructuras de servicios en la Ciudad de la Costa, en la construcción de caminos de acceso en barrios periféricos o en relleno de terrenos.

Se estima una inversión de 150.000 US\$ para el equipamiento necesario en la alternativa de fragmentación y clasificación, que implica los siguientes equipos:

- Pala de cable con pera: US\$ 45.000
- Cargador frontal de 2 m<sup>3</sup> de capacidad: US\$ 80.000
- Grupo electrógeno: US\$ 25.000

En cuanto a los escombros de mampostería, desde un punto de vista técnico, la alternativa de fragmentación-compactación es la más adecuada ya que al realizarse la misma en el propio camino las partículas finas que resultan de la compactación, quedan incluidas rellenando los huecos. En la estructura del camino. En cambio, en la segunda propuesta se pierde material fino durante el tratamiento y la descarga en el sitio en donde va a utilizarse el material.

A su vez, la alternativa de fragmentación-compactación tiene menores costos que la de fragmentación por impacto ya que se evita contar con la operación de algunos equipos tales como la grúa de cables y la pala cargadora.

Tanto debido a argumentos técnicos como a económicos, se recomienda el proceso de fragmentación-compactación

#### Unidades de tratamiento de residuos con materiales asfálticos

Se entiende como tratamiento de los residuos conteniendo materiales asfálticos a los procesos que realizan transformaciones en dichos residuos para facilitar su posterior uso en obras de similares características.

Estas alternativas consisten en la disgregación del residuo, su mezcla con ligantes y agua para luego proceder a su extensión y compactación. Los tratamientos pueden realizarse en el mismo firme del que proceden o en una planta asfáltica específica luego de su recolección y transporte.

En el caso de no realizarse tratamiento, esta situación es similar a la del resto de los ROC, es decir la disposición informal, con el agravante de que dicha disposición no recibe controles que permitan detectar potencial contaminación ambiental a causa del grado de peligrosidad que poseen los residuos conteniendo asfalto.

#### Asfalto con contenidos de alquitrán

Los asfaltos que contienen alquitrán como agente aglutinante requieren un tratamiento especial por contener Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (HAPs). En el caso de no reciclarlos dentro de plantas asfálticas o usarlos en conjunto con nuevos asfaltos con contenidos de alquitrán, es recomendable disponerlos en rellenos sanitarios o rellenos de seguridad, dependiendo del grado de contenido de alquitrán.

De todos modos debe ser evitado su uso como relleno de pasivos ambientales o zonas vulnerables (aguas superficiales y subterráneas).

#### Tratamiento in situ

Los tratamientos in situ consisten en el fresado del material del firme antiguo y la mezcla del mismo en el propio sitio con el ligante, realizándose todo el proceso a temperatura ambiente. Posteriormente se realiza el tendido y la compactación. Es muy importante tener en cuenta que solo conviene fresar materiales deteriorados y no zonas sanas ya que estas últimas seguramente tienen características mecánicas superiores que las del nuevo material tratado.

Las ventajas de este tipo de tratamiento son:

- Menores costos ya que se evitan los viajes desde la obra a la planta y viceversa. Además se producen ahorros ya que la mezcladora móvil tiene costos de producción más económicos que los de una planta asfáltica fija.

- Menos consumo energético.
- Menores impactos ambientales ya que este método no tiene emisión de humos.
- Se consiguen mejoras estructurales del firme con posibilidad de mantener la rasante. Esto es de interés en aplicaciones urbanas como es el caso del AMM.
- Permite la rehabilitación estructural de un carril por vez, lo que disminuye los inconvenientes para el tránsito y evita la creación de desvíos si el corte de la calzada fuera total.

Sin embargo, existen algunos inconvenientes:

- No se aprovecha la capacidad aglomerante del ligante.
- La apertura al tráfico es más lenta debido a que, al haberse degradado más la granulometría y realizarse en frío, las tareas de compactación son más difíciles.
- Es difícil actuar rápidamente con medidas correctoras ya que el control del material fabricado no es una tarea fácil.
- Es necesaria una cierta longitud mínima de tratamiento para que la operación sea rentable económicamente.

#### Tratamiento en planta asfáltica

Los tratamientos con utilización de planta asfáltica consisten en el retiro de las mezclas mediante frezado y transporte de las mismas a la planta, en la cual se mezcla en caliente con árido natural y asfalto nuevo, obteniéndose una mezcla compuesta por material nuevo y material reciclado. El porcentaje del material reciclado en la nueva mezcla es del entorno de 30%. Cuando no existe un destino inmediato para la nueva mezcla o los volúmenes de material frezado son pequeños, se realiza un acopio del material en la planta para ser utilizado en el momento oportuno.

#### Recomendación del PDRS

La recomendación del PDRS es erradicar la disposición informal de este tipo de residuos. Las obras en que se generan estos residuos son contratadas, tanto por la parte municipal como por el MTOP, por medio de licitaciones. Esta herramienta ofrece la posibilidad de incluir en el pliego del llamado a licitación las actividades necesarias para una correcta gestión de los residuos que se generen en la obra. La alternativa recomendada es la de realizar el tratamiento en planta asfáltica, que es un método muy utilizado en el AMM.

#### **4.1.4.3 Diseño de la Planta Piloto**

Por lo anteriormente expuesto, se entiende difícil y poco viable la operación de unidades de tratamiento para ROC que permita producir material reciclable. Esto se basa en dos certezas:

- Las bajas ventajas económicas que presenta la producción de éstos frente a la disponibilidad de áridos nuevos, aún considerando posibles subsidios por razones ambientales
- La cultura clásica del sector de la construcción, acostumbrado a no introducir cambios, sino muy lentamente.

Estas certezas, actuando en conjunto llevan a que sea difícil esperar como respuesta del mercado la instalación de este tipo de plantas, por lo menos en una primera instancia, antes de que se compruebe la utilidad de su producto.

Por esta razón, el PDRS propone la instalación de una Planta Piloto de fragmentación, que tenga como objetivo explorar el mercado de áridos artificiales, buscando tanto posibilidades de uso como clientes. En este sentido el OCI, actuará como incubadora de un posible emprendimiento que pueda después ser operado por el sector privado bajo su riesgo.

Cuando se elige un emplazamiento para construir una planta de este tipo, se debe estimar no solo la cantidad de ROC generado en el radio de influencia de la planta sino también la producción de material reciclado que se pueda utilizar en construcciones en el entorno.

Se propone instalar la planta piloto en alguno de los predios del actual SDF de Felipe Cardoso.

Se realizará un control al ingreso, aceptándose los ROC inertes que no contengan más de un 5% de otros residuos. Dicho control se realizará en forma visual. Además de lo anterior, en el control de admisión se realizará la identificación del vehículo, pesaje del mismo, asignación de la tarifa correspondiente e indicación del lugar de descarga del material. La llegada de cada viaje a la Planta genera el llenado de una planilla en la que deben establecerse la cantidad, naturaleza, origen y destino del residuo reciclado.

La planta cuenta con una zona de almacenamiento, la cual, está dividida en distintos sectores de descarga según el tamaño, composición o naturaleza del residuo.

En el momento de la descarga se procede a comprobar que no existan otros tipos de residuos que podrían haber pasado inadvertidos en el control de admisión, aplicándose en el caso de que aparezcan, porcentajes superiores la tarifa adecuada según el caso.

La planta cuenta también con una zona de acopio de materiales reciclados y una zona central donde se ubican los equipos de tratamiento, es decir la grúa de cable con la pesa de fragmentación por impacto.

Existe una ventaja muy importante para colocar los materiales resultantes del tratamiento, ya que uno de los usos principales es dentro del propio SDF, con lo cual la Dirección del mismo conoce las características del material que va a destinar en el mantenimiento de los caminos internos del SDF. Lo anterior genera confianza y seguridad en el proceso de tratamiento.

La producción de la Planta Piloto es superior a la utilizada dentro del SDF, por lo que debemos pensar en la comercialización de parte del material reciclado. Para lograr dicha comercialización se deben cumplir algunas líneas básicas de lo que se puede definir como estrategia comercial:

**Apuesta por la calidad.** Buscar la mejor calidad para el uso al que está destinado el material.

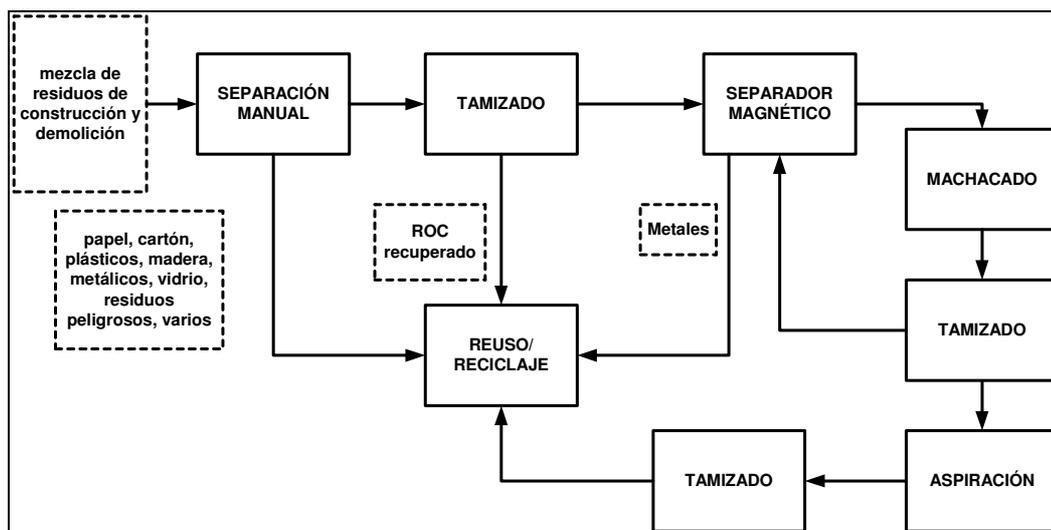
**Precio justo.** Se deben ajustar los precios en función de la calidad, el uso y el precio del material natural que compite con el producto reciclado.

**Cada material con su uso determinado.** Cada material tiene sus características específicas, por lo que se deben definir claramente las clases de material a fabricar según granulometrías y materias primas iniciales.

Para poder vender los productos del tratamiento, el mercado debe conocerlos. Para ello, la Intendencia cuenta con la base de datos de todos los permisos que se solicitan para realización de obras, en los cuales figura el propietario de cada una de ellas. Además cuenta también con la base de datos de la balanza de Felipe Cardoso y puede obtener los datos de todas las empresas que integran la Cámara de la Construcción.

Con los potenciales clientes ubicados se inician los contactos mediante cartas informativas con tarifas, características de los materiales y algunos ensayos. También se pueden contactar a los posibles interesados mediante llamadas telefónicas y coordinar con ellos visitas a la planta.

**Figura 4-1: Proceso de formación de material para reuso o reciclado.**



#### 4.1.4.4 Posibilidades de reciclaje de material tratado

Las alternativas que se plantean a continuación tienen por finalidad darle a los ROC que cumplan con los requerimientos exigidos un destino alternativo a su eliminación en un SDF con lo que se aumenta la vida útil de éste y se evita el uso de materias primas.

Las alternativas posibles para el reciclaje de ROC, son:

- Utilización en caminería para SDF
- Utilización como relleno de terrenos

➤ Utilización para recuperar pasivos ambientales

Seguidamente se detallan cada una de estas alternativas analizando aspectos relacionados con la misma y las condiciones que deberán plantearse a los ROC a ser reciclados

**A Utilización en caminería para SDF**

El mantenimiento de una caminería en buen estado es fundamental para garantizar un funcionamiento continuo y adecuado de los SDF.

Las principales causas que atentan contra esta situación son:

- Condiciones climáticas
  - Exceso de lluvias
- Tránsito de los vehículos
  - Flujo de camiones
  - Peso de los camiones
- Falta de mantenimiento
- Residuos dispuestos y condiciones de compactación que determinan la existencia o no de asentamientos diferenciales y posible deterioro de la caminería
- Caminería construida con materiales de mala calidad o procedimientos inadecuados.
  - Condiciones de drenaje
  - Grado de compactación
  - Estabilidad
  - Durabilidad

Atendiendo a los puntos antes mencionados, a continuación se plantean una serie de aspectos que deberán ser tenidos en cuenta a la hora de determinar la viabilidad de uso de ROC para la construcción de caminería en los SDF.

➤ ROC utilizables

En función de la durabilidad esperada para la caminería, distintas son las exigencias para los ROC a utilizar. Para aquellos caminos construidos para el avance del frente de residuos y sobre éstos, los ROC a utilizar pueden ser inertes contaminados o no con RSU. Se debe evitar la presencia de ROC no inertes, para evitar roturas de cubiertas de la maquinaria y de ROC contaminados con residuos peligrosos, dado que los SDF no están diseñados para éstos.

La no exigencia de ROC inertes limpios radica en el hecho de que estos caminos tienen una durabilidad acotada y están apoyados sobre RSU, por lo que la descomposición y posibles asentamientos vendrán dados por lo que ocurra en el relleno y no con la fracción presente en los ROC utilizados. Sin embargo, deberá cuidarse que la contaminación sea menor al 30% para garantizar el tránsito de los vehículos sobre ROC.

Por otro lado, cuando la caminería a construir tenga un carácter más permanente, o no sea realizada sobre la zona impermeabilizada del SDF, se recomienda utilizar ROC inertes limpios.

En cuanto al tamaño máximo de los ROC a utilizar, estará fijado por razones constructivas de la caminería propiamente dicha, cuidando, además, de evitar roturas en las cubiertas.

Finalmente, para el ingreso de estos residuos a los SDF se deberá contar la autorización del operador del mismo y será el responsable de los costos de traslado y acondicionamiento de los ROC para su uso en caminería en los SDF.

En cuanto a los ROC inertes utilizables, caben las siguientes puntualizaciones:

➤ **Reciclaje con escombros de mampostería tratados**

La primera alternativa consiste en utilizar los escombros de mampostería como material de mantenimiento de caminos del SDF, luego de su correspondiente tratamiento. Según las alternativas propuestas en el punto anterior para dichos escombros, se propone utilizar en la Planta Piloto, la opción de fragmentación – compactación.

➤ **Reciclaje con escombros de hormigón tratados**

La segunda alternativa consiste en utilizar como material de mejoramiento de los caminos de Felipe Cardoso, el resultante del tratamiento de fragmentación por impacto de los escombros de hormigón.

➤ **Residuos de mantenimiento de vías.**

Teniendo en cuenta las consideraciones de tamaños máximos y evitando la presencia de materiales contaminantes, estos ROC también son aptos para ser utilizados en el mantenimiento de caminería de los SDF

### **Recomendación del PDRS**

Se recomienda la ubicación de la Planta Piloto en el SDF de Felipe Cardoso. Se fundamenta esta opción en la proximidad a los centros de generación, en los costos de transportes menores y en que la Dirección Técnica y la Gestión Administrativa pueden ser realizadas por el mismo personal de supervisión que tiene a cargo hoy el SDF.

A continuación se analizan las ventajas técnicas y económicas de mejorar el tipo de material y su correspondiente tratamiento, recomendado en el capítulo anterior, para realizar el mantenimiento de la caminería interna y los accesos a pista de descarga del SDF de Felipe Cardoso.

Los datos de generación que surgen de los Estudios Básicos y las hipótesis asumidas en el análisis presentado en el Anexo determinan que la cantidad de escombros tratados, tanto de hormigón como de mampostería, son suficientes para el mantenimiento propuesto en el SDF de Felipe Cardoso.

Además, dicha cantidad de ROC generados en el AMM, muestra claramente que la Planta Piloto debe ser única ya que si no fuese así, los costos obtenidos para la opción de reciclaje con escombros de mampostería tratados, dejarían de ser rentables en comparación a los costos de los materiales naturales de características similares, como se determina en el Anexo.

La mejor solución técnica para la reparación periódica de los caminos del SDF, es la utilización de los escombros de mampostería mediante el proceso de fragmentación – compactación. Este tipo de material posee características propias, como ser la capacidad de absorción y la facilidad de fragmentación, que lo hacen más recomendable que los escombros de hormigón. Además la experiencia internacional en otros SDF así lo demuestra.

Por otra parte, haciendo el análisis desde el punto de vista económico, surge claramente del Anexo, la ventaja del tratamiento de los escombros de mampostería frente a los de hormigón.

Por lo antes expuesto, lo más adecuado técnica y económicamente, es utilizar los escombros de mampostería tratados en los trabajos de mantenimiento del SDF y procesar los residuos conteniendo hormigón para otros usos.

## **B Utilización como relleno de terrenos**

Las exigencias para los ROC que puedan ser utilizados como material destinado al relleno de terrenos deben garantizar primeramente, la no contaminación del suelo y de los cursos de agua cercanos a su lugar de colocación, así como también la inexistencia a posteriori de asentamientos diferenciales inadmisibles que comprometan la integridad de las estructuras que sobre ellos se construyan.

Además, se deberá evitar una afectación significativa al escurrimiento superficial que genere, por un lado, procesos erosivos en el terreno o contrariamente, inundaciones por disminución de zonas de escurrimiento.

En cuanto a evitar la contaminación del terreno y aguas superficiales y subterráneas, los ROC que se utilizaran para el relleno de terrenos no deberán contener:

- Plomo u otros metales pesados
- Restos de pinturas y solventes
- Combustibles o hidrocarburos

Por otra parte, para evitar asentamientos diferenciales indeseados de la zona rellenada, los ROC deberán:

- Estar libres de residuos orgánicos cuya putrefacción implique pérdida de la capacidad soporte del terreno.
- Tener un tamaño máximo de 60 mm
- Si proviene de una fragmentación el paquete debería tener el carácter combinado de “mal seleccionados” con el de “bien graduados”, para lograr una matriz compacta de material para relleno.
- Carecer de varillas de hierro u otros elementos que compliquen su manipulación.

En todos los casos los ROC a ser utilizados debe ser limpios, inertes y sin presencia de residuos peligrosos.

A fin de evitar modificaciones importantes del escurrimiento superficial, se deberá cumplirse los siguientes requerimientos en los sitios a rellenar:

- Estar a una distancia mayor de 30 m de un curso de agua permanente
- No cortar un desagüe natural
- Mantener un talud máximo hacia el cauce de 1:1
- Mantener una pendiente mínima superficial de 0,5 %
- Evitar formar terrenos horizontales sin drenaje y pendientes superiores a 30 % cuando no exista cobertura vegetal, y en caso de existir, la pendiente máxima admisible será de 45 %
- Se deberán evitar reducciones significativas de secciones naturales de escurrimiento.

### **C Utilización para recuperar pasivos ambientales**

El uso de ROC para recuperar pasivos ambientales, es una de las actividades con mayor potencial de aplicación debido a que en el AMM se encuentran importantes canteras, principalmente de piedra, que han sido abandonadas sin una adecuada recuperación de las mismas.

La recuperación de pasivos ambientales incluye el relleno de canteras que se encuentran abiertas, en muchos casos inundadas, para su posterior integración como áreas utilizables con fines productivos o de manera de mitigar los impactos visuales y de erosión al suavizar los taludes.

Dichas canteras constituyen un pasivo ambiental debido a que no poseen actualmente ningún uso productivo, ni extractivo ni agrícola ganadero y conllevan impactos ambientales importantes en cuanto a su presencia física y al riesgo que presentan para los pobladores del entorno que puedan utilizar la cantera para fines recreativos, así como para los animales que pueden despeñarse o ahogarse.

El uso de ROC para relleno de canteras, dependerá de las características de la cantera y de la calidad de los ROC a depositar.

Las características relevantes para determinar si una cantera puede ser recuperada, de manera de no generar ningún riesgo para el medio ambiente son:

- La existencia de aguas subterráneas.
- Las condiciones geológicas del área de la cantera.
- El riesgo de asentamientos y desmoronamiento de los frentes.

Por lo tanto, sólo se podrá rellenar las canteras que posean una barrera geológica natural, por lo que básicamente se realizará la recuperación de canteras de piedra, de manera de evitar la contaminación de suelo y del agua subterránea.

Se deberán excluir canteras que presenten fallas geológicas o con fisuras que permitan un rápido pasaje de fluidos. Además se deberán evitar canteras que presenten una importante porosidad y conductividad hidráulica.

Las canteras que se encuentren con agua de origen pluvial, sin que exista aporte subterráneo, por no ser drenables por gravedad, podrán ser rellenadas con ROC, realizando previamente su vaciado mediante bombeo.

Por otra parte se deberá realizar en todos los casos canales para la desviación del escurrimiento superficial, hasta tanto no se encuentre restituido el tapiz vegetal

Los ROC para su uso deberán cumplir los siguientes requerimientos:

- La granulometría deberá ser bien graduada
- El tamaño máximo admisible será de 60 mm, aunque se puede admitir mayores tamaños si la valoración técnica que se realice del vertido así lo permita.
- Deberá ser ROC limpio, sin presentar contaminación de ningún tipo (RSU, residuos peligrosos)

La operativa de la recuperación se da en las siguientes etapas:

- Selección de pasivos de canteras a ser rellenadas.
- Transporte de los ROC hacia las canteras previamente establecidas
- Control visual de la carga
- Descarga de los ROC dentro de la cantera, en caso de detectar elementos contaminantes, éstos deberán ser retirados por parte de la empresa transportista (es importante por lo tanto que el transportista se asegure de que va a transportar ROC limpios)
- Cuando se alcanza la cota preestablecida, se deberá cubrir con tierra negra de manera de restituir el tapiz vegetal

Los propietarios de los predios, en los que existan canteras deberán presentar una solicitud a DINAMA, la cual estudiará la viabilidad del relleno de la misma según los estándares establecidos anteriormente y generará un registro de canteras aptas para el relleno. Este registro se encontrará en la web de manera que pueda ser consultado por parte de los dueños de las obras, constructores y por parte de la IMM la cual es la que le autoriza en el plan de gestión la disposición de los ROC que se generan en las obras.

Las canteras aceptadas a las cuales se les vaya a transportar ROC para su recuperación y que están inundadas deberán ser vaciadas previamente a su relleno. Además en todos los casos se debería realizar un canal perimetral de manera de evitar el ingreso de agua pluvial a la misma.

En la cantera se deberá realizar un control visual de los ROC transportados, por parte del dueño de la cantera o el encargado de la misma. En caso de detectar que la carga presenta residuos contaminantes éste podrá rechazar la carga o solicitar al transportista que retire los residuos contaminantes.

De forma similar, en caso de detectar residuos contaminantes en el momento de la descarga, estos deberán ser retirados por parte del transportista.

La cota final del relleno de la cantera será establecida por el dueño de la cantera el cual deberá realizar la cobertura final con tierra negra para la vuelta a la cobertura vegetal de la superficie

#### **4.1.5 Disposición final**

Los ROC, que no son reutilizados, reciclados o valorizados, necesitan una forma de eliminación. A su vez, las prácticas de reciclaje y valorización producen residuos, los cuales también necesitan ser eliminados.

Por sus características se puede dividir los ROC en función de su disposición final en tres subcategorías:

- ROC inertes  
Existe una gran cantidad de ROC que no contienen materia orgánica ni metales pesados, que se podrían disponer en rellenos para residuos inertes (escombreras).
- ROC asimilables a RSU  
Otra fracción de los ROC no es inerte y por lo tanto no puede disponerse en el relleno antes citado. Por otro lado tienen características similares a los RSU, por lo que se deberían disponer en el relleno sanitario conjuntamente con el resto de los RSU. Dicho análisis se puede observar con más detalle, en el Tomo II “RSU” de este PDRS.
- ROC peligrosos  
Por último la fracción de los ROC que comprende residuos peligrosos, se deberá disponer en el relleno de seguridad.

##### **4.1.5.1 Disposición de ROC inertes en escombreras**

Esta alternativa implica la utilización de sitios de disposición final exclusivos para el subconjunto de los ROC inertes, denominados genéricamente escombreras, en los cuales puedan disponerse aquellos residuos que cumplan con los requisitos de admisibilidad de las mismas.

Las escombreras son destinadas a aquellos ROC inertes para los que se hayan agotado las fases previas de gestión que plantea el principio de jerarquía (reducción, reutilización, reciclaje y valorización energética). Los residuos inertes presentan un potencial de lixiviado prácticamente inexistente donde el contenido de contaminantes de los residuos y la ecotoxicidad del lixiviado son insignificantes, y en particular no deben suponer un riesgo para la calidad de las aguas superficiales y/o subterráneas. Por tal razón, las escombreras no requieren de un diseño específico ni de medidas de impermeabilización.

Sin embargo, es conveniente tomar en cuenta las siguientes recomendaciones para la definición de una escombrera:

- Distancia mayor a 500 m hasta zonas residenciales y recreativas
- Distancia mayor a 100 m hasta cursos de agua y zonas agrícolas
- Sin existencia de aguas subterráneas a nivel superficial (elevado nivel freático)
- Estabilidad suficiente del subsuelo (excluir hundimientos o deslizamiento de tierras en el lugar del emplazamiento)

- Posición externa a zonas inundables
- Tomar en cuenta zonas de protección del patrimonio natural.

En la localización de las escombreras, por la propia naturaleza de los RCD que en general son de elevado peso y volumen, debe atenderse al llamado principio de proximidad, a fin de poder garantizar la suficiente capacidad de vertido controlado a una distancia y a un costo de transporte razonable. Por una parte ello implica la optimización de las distancias desde los puntos de generación a las escombreras, de forma de compatibilizar el costo que supone la creación de infraestructuras para la disposición final con recorridos para el transporte de RCD que no resulten excesivos. Por otra parte resulta deseable que el número de escombreras sea el mínimo necesario para garantizar la suficiente capacidad de vertido en condiciones controladas y minimizando los lugares impactados por la localización de escombreras.

Dado que la retirada de escombros de los núcleos de población del AMM se suele hacer mediante contenedores de 6-7 m<sup>3</sup> de capacidad, es recomendable prever la localización de escombreras en un radio próximo alrededor de esos núcleos. Un escenario deseable es poder ubicar, siempre que sea posible, las escombreras en lugares donde se asentaron antiguas actividades extractivas (canteras o minas), como forma de poder compatibilizar la necesidad de disponer de un sitio para disposición final de ROC con la restauración de dichas áreas (véase el capítulo 4.1.4.4C).

## **A Diseño de la Escombrera**

### Requisitos generales

- Control de aguas:

Se deben realizar cunetas de protección perimetral que desvíen las aguas de escorrentía de la cuenca superior, de manera de evitar el ingreso de agua pluvial a dicho relleno.

- Estabilidad de taludes:

Por cuestiones de seguridad y de correcta operación de la escombrera, se debe garantizar la estabilidad de los taludes formados por la disposición de los ROC.

El valor de la pendiente máxima de los taludes será fijado por el operador del relleno en función de la granulometría de los ROC a disponer, siendo un valor recomendable para la misma de 35°. Por otro lado no se deberá superar los 5 metros de altura de los mismos y se cuidará de no disponer residuos no inertes, como ser maderas, cartones, plásticos en los frentes de vertido de los taludes.

- Cerramiento y control de acceso:

El predio deberá estar cercado para impedir el libre acceso a las instalaciones y evitar el vertido ilegal en la instalación. La entrada deberá ser única y con un control de acceso. La misma permanecerá cerrada fuera de las horas de servicio de la escombrera.

### Gestión de la escombrera

Para la gestión de la escombrera se deberá seguir una serie de pasos por parte de los operadores de manera que se realice una correcta operación de la misma. Por lo tanto las etapas para la disposición de los ROC comprenden:

- Realizar una constancia de aceptación, en el cual se determina la cantidad, el tipo de residuo y la obra de procedencia.
- Las tareas de recepción de la carga incluyen el control visual de la carga de manera de evitar la descarga de RSU o residuos peligrosos junto con los ROC, el pesaje y la fijación de la o las tarifas a cobrarse.
- Si se detectara en el control visual la presencia de otros residuos, no inertes, (pe. RSU o residuos peligrosos) se deberá rechazar la carga. En caso de que exista una planta de clasificación conjuntamente con la escombrera, se deberá exigir el pasaje de la carga por dicha instalación previamente a la descarga.
- Por último se realizará la descarga teniendo en cuenta los requerimientos establecidos en los puntos anteriores.

### **B Sitios adecuados para escombreras**

Como se ha mencionado anteriormente, es recomendable elegir sitios donde la disposición de los ROC inertes contribuya a la recuperación de pasivos ambientales. Dentro del AMM existen varios lugares que pueden ser usados para este fin. Como la definición exacta de estos sitios y su futuro uso, recuperación o cierre, por pertenecer a tareas de ordenamiento territorial, trasciende el marco del Plan Director, el Consultor se limitó a dar pautas y lineamientos que debe cumplir un sitio de escombrera, sin definir de forma más exacta, posibles sitios que cumplan con estos requerimientos.

Sin embargo, durante los trabajos realizados se pudieron identificar como zonas de posibles escombreras, las siguientes:

- Cantera clausurada a lado del SDF Felipe Cardoso
- Canteras de la zona Las Piedras / La Paz

#### **4.1.5.2 Disposición en relleno sanitario**

La disposición de los ROC, tanto sucios como limpios, podrá realizarse en el relleno sanitario.

Los ROC limpios que se transporten al relleno sanitario, serán utilizados para la caminería interna del mismo, como fuera mencionado en el punto 4.1.4.A, por lo que no se exigirá el pago de ninguna tasa para su disposición,

Por otra parte la disposición de los ROC sucios en el relleno sanitario es una práctica desaconsejable, aunque no será prohibida. La medida a implementar para disuadir la disposición, es el cobro de una tasa de servicio por la disposición de ROC sucios en el relleno sanitario, de manera de contemplar el uso de una infraestructura acondicionada para otro tipo de residuos y de manera de seguir la filosofía de contaminador pagador. Esta tasa será fijada por las intendencias.

#### **4.1.5.3 Recomendación del PDRS**

La alternativa de disponer los ROC de forma conjunta con los RSU significaría un uso muy ineficiente de recursos, puesto que ocuparía con ROC espacios dentro del relleno sanitario que tiene unas especificaciones de diseño y constructivas mucho más exigentes de que lo resulta necesario para disponer ROC inertes.

Se debe tener presente que el actual volumen de generación de ROC (450.000 ton/año) llega a un 30 % del total de residuos sólidos que se genera dentro del AMM. En tal sentido una alternativa como ésta reduciría significativamente la vida útil de los actuales SDF de RSU, obligando a realizar inversiones y posiblemente a ubicar nuevos sitios que podrían aumentar el costo global del actual sistema de manejo de RSU en plazos relativamente cortos.

Esta alternativa asimismo va en contraposición con la recomendación del PDRS en cuanto a la implementación de prácticas de separación en obra de los ROC, comenzando en una primera etapa con la separación de residuos asimilables a los urbanos.

La característica inerte de la gran mayoría de los ROC sugiere la utilización de las denominadas escombreras de modo de no ocupar con ROC espacios dentro de SDF concebidos originalmente para otros tipos de residuos y por ende, con mayores exigencias de implantación.

Un requisito fundamental para las denominadas escombreras es su emplazamiento a distancias razonables que permitan garantizar la suficiente capacidad de vertido controlado con un costo de transporte razonable. Siempre que sea posible se intentará ubicar las escombreras en lugares donde se asentaron antiguas actividades extractivas (canteras o minas), como forma de poder proceder, simultáneamente con la operación de la escombrera, a la restauración de esas áreas respetando las condiciones técnicas y ecológicas aceptables para ello.

La condición indispensable para el buen funcionamiento de esta modalidad de disposición final es el control de admisibilidad de los residuos que allí se derivan. En este sentido la implementación de prácticas de separación en obra de los ROC es un aspecto que facilita la tarea.

Independientemente de la existencia de escombreras suficientes siempre deberá preverse la posibilidad de disponer ROC que no hayan sido adecuadamente separados de otros residuos asimilables a urbanos en los SDF destinados para éstos últimos. En estos casos, el costo global de disposición para el generador deberá fijarse por encima del costo que tendría la implementación de prácticas de separación en obra y posterior disposición en escombreras, como forma de alentar la adopción de una modalidad de gestión que se entiende más conveniente.

#### **4.1.5.4 Costo de disposición final**

Los costos de la disposición final en rellenos sanitarios están analizados y presentados dentro del Tomo RSU y el valor alcanza los 15 US\$/t. Sin embargo y como se mencionó anteriormente, normalmente no se cobrarán tarifas si el

material puede ser usado para la construcción de caminería o para la cobertura diaria o final.

En el caso de las escombreras los costos de utilizar este sistema de disposición se presentan a continuación.

### A Inversiones

La Tabla 4-3 muestra una estimación de los costos de inversión de una escombrera tipo.

**Tabla 4-3 : Costos de inversión – Escombrera tipo**

<b>Instalaciones</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Unidad</b>	<b>Costo Unitario US\$</b>	<b>Costo Total US\$</b>
Casa de control con oficina		pc	25.000	25.000
Barrera de acceso	1	pc	500	500
<b>Subtotal</b>				<b>25.500</b>

En este caso no se incluye el costo del terreno, por cuanto se supone que para el efecto se utilizarán zonas públicas con pasivos ambientales a llenar.

### B Costos de operación y mantenimiento

Por su parte, se han estimado los costos de operación y mantenimiento para la disposición en escombrera.

La Tabla 4-4 muestra los costos de operación para la escombrera tipo, teniendo en cuenta que los equipos a utilizar son alquilados.

**Tabla 4-4: Costos de operación de la escombrera**

<b>Equipo alquilado</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo /h US\$</b>	<b>Costo Total Año US\$</b>
Bulldózer	1	160	133.120
<b>Subtotal</b>		<b>160</b>	<b>133.120</b>
<b>Personal</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Per./mes</b>	<b>Costo total Año US\$</b>
Encargado	1	600	7.200
<b>Subtotal</b>		<b>600</b>	<b>7.200</b>
<b>Total</b>			<b>140.320 US\$/año</b>
<b>Costos por tonelada</b>	Calculando con un 20% de material entregado a escombrera (unos 100.000 t)		<b>1,40 US\$/t</b>

#### **4.1.6 Recolección y transporte**

La recolección y transporte de residuos resulta una parte clave en cualquier sistema de residuos en la medida que vincula al generador con el destino previsto.

En el sistema objeto de análisis los generadores son obras civiles de tamaño y tipo variado, que va desde la construcción de edificios a reformas en viviendas y de la construcción de autopistas a reparación de pavimentos.

Por otro lado, los destinos son:

- Otras obras
- Sitios de disposición
- Escombreras
- Predios a ser rellenos
- Pasivos ambientales
- Planta de clasificación
- Trituradoras

A continuación se presentan los actores que forman parte del transporte de ROC y luego se estudian las alternativas referentes a, las actividades de recolección, las relacionadas con el transporte en sí mismo y la de implementar estaciones de transferencia de ROC.

##### **4.1.6.1 Actores**

Los actores que conforman el subsistema de transporte son, por un lado, los transportistas y por otro, las instituciones encargadas del control.

Existen tres tipos de actores que realizan el transporte de ROC:

- Empresas de volquetas o contenedores,
- Empresas de fletes y
- Empresas constructoras con vehículos propios

En cuanto a las instituciones los actores involucrados son:

- Las intendencias municipales y
- El MTOP

##### **4.1.6.2 Alternativas de recolección**

Las alternativas referentes a la recolección en la actualidad son dos:

- contenedores, denominados volquetas, de dimensiones variables según el tamaño de la obra y
- el acopio en obra para luego proceder al transporte por camiones abiertos.

## **A Recolección con volquetas**

Para la primera de las alternativas, los contenedores de 6 m<sup>3</sup> son los más utilizados en las obras que generan mayor cantidad de residuos. Las obras más pequeñas utilizan con más asiduidad contenedores de menor volumen que varía de 1 a 4 m<sup>3</sup>. La variación en volúmenes de almacenamiento según el tipo de obra no presenta mayores inconvenientes por lo que se recomienda el uso de cada tamaño de contenedor según las características propias de la obra.

En el AMM operan 14 empresas de transporte especializadas en la utilización de contenedores. Las mismas poseen un total de 1250 contenedores y 35 camiones destinados a ROC, es decir que cada camión maneja unos 36 contenedores promedio. Estos valores demuestran que los tiempos de permanencia de cada volqueta en el mismo sitio son generalmente altos. Este tiempo de permanencia alto genera que vecinos de la zona contaminen los residuos de obras que se depositan en los contenedores con otro tipo de residuos, como ser RSU, residuos verdes, etc.

Lo anterior lleva a plantear como recomendación para el PDRS que se reglamente el tiempo de permanencia de las volquetas en un mismo sitio de la vía pública para evitar prácticas no deseables que van en contra de los principios que rigen este plan y de las recomendaciones de clasificación en origen propuestas en el punto relativo al manejo en obra.

Otra preocupación, dado al número importante de volquetas que existen en el AMM, es la seguridad en la vía pública. Es por eso que es fundamental exigir una correcta ubicación de los contenedores y también minimizar al máximo el tiempo de permanencia de los mismos en cada lugar fijo.

Para ello se recomienda que cada contenedor esté provisto de señales reflectoras para la noche y como recomendación adicional cuente con balizas que faciliten su visualización. Además deben ser fácilmente identificables, es decir, poseer el nombre y teléfono de la empresa a la cual pertenecen para que en caso de necesitar su retiro definitivo o cambio de ubicación por razones de seguridad sea fácil realizarlo. Se debe exigir que todos los contenedores posean un seguro total contra accidentes. Es fundamental además, incluir todas las exigencias del control necesario que garanticen el cumplimiento de las mismas.

## **B Camiones con caja abierta**

La otra opción de recolección consiste en realizar un acopio en obra para luego efectuar el transporte en camiones abiertos hacia los sitios posibles que siguen la cadena de gestión. En la gran mayoría de las obras los acopios se realizan en el propio predio evitando el contacto de los residuos de obras con agentes externos a la misma, con lo cual se reducen sus riesgos de contaminación

Esta modalidad de almacenamiento facilita las tareas de clasificación en obra, ya que se pueden realizar acopios por tipo de residuo. Tiene la desventaja de requerir maquinaria para cargar los residuos en los camiones que realizan el transporte.

El lugar físico en el cual se colocan los residuos acopiados, es decir la caja de los camiones, tiene dimensiones variables según el vehículo. Las dimensiones más usuales son entre 6 y 10 m<sup>3</sup>. Es fundamental que estos depósitos sean estancos para evitar pérdidas durante el transporte.

Además, para evitar desprendimientos o vertimiento de la carga durante el transporte, pensando en la limpieza de la vía pública y en temas de seguridad del tránsito, se recomienda limitar la carga hasta los límites superiores de la caja del camión y prohibir el agregado de elementos destinados a incrementar la capacidad de almacenaje. Se recomienda además, por los mismos motivos, que la carga viaje tapada.

### **C Pequeños Generadores**

Para pequeños generadores, donde se originan residuos de obras civiles en cantidades menores a 1 m<sup>3</sup>, la Intendencia de Montevideo mantiene el servicio adicional (servicio 1950). En este caso los pequeños generadores pueden llamar al número 1950 para que la Intendencia recoja los residuos de forma gratuita una vez por mes. En el caso de la zona del AMM perteneciente a Canelones el servicio está también ofrecido por las empresas que realizan la recolección en la modalidad de contrato a terceros. Para las zonas del AMM donde no existe este servicio adicional, se recomienda que los pequeños generadores lleven sus ROC a centros de reciclaje en donde éstos pueden ser acumulados y recolectados por empresas privadas.

A mediano o largo plazo esta solución también debe ser instrumentada para el resto del AMM con el fin de disminuir al máximo posible los servicios adicionales de las Intendencias.

#### **4.1.6.3 Estaciones de transferencia de ROC**

Las características de la generación y fundamentalmente la ubicación de los potenciales sitios específicos de disposición final para este tipo de residuos, a distancia relativamente cercana de los lugares de generación, sugiere a priori, que no son necesarias las estaciones de transferencia para los ROC.

La potencialidad de utilizar sitios cercanos a la generación se produce debido a que, si los ROC son debidamente clasificados, los criterios para su uso son relativamente poco exigentes. Por otra parte, dado el gran volumen generado de ROC, el peso del costo de transporte en el total de una obra, es muy importante, por lo que, de obligar a un traslado a distancias significativas, estimularía la gestión informal de los mismos.

Por lo tanto en ningún caso se estaría justificando la ubicación de una estación de transferencia como tal para este tipo de residuo.

Una alternativa a considerar sería que la misma funcionara como un sitio de recepción de ROC inertes, para recuperación de áridos, con la instalación de alguna unidad de tratamiento. Pero dado el grado de desarrollo del mercado de reciclaje de ROC y los volúmenes de residuos que se vislumbran a corto y mediano plazo no resulta razón suficiente como para implementar una estación de transferencia de tales características.

Además se recomienda que estas tareas se realicen en los SDF en operación y en las futuras escombreras a instalar, por lo que no es recomendable crear una nueva infraestructura para ello.

#### 4.1.6.4 Recomendación del PDRS

Las actuales prácticas de recolección y transporte de ROC resultan adecuadas, sin que sea necesaria la implementación de nuevas prácticas, adicionales o sustitutivas. Resulta sí imprescindible la instrumentación de mecanismos eficaces de control que garanticen el adecuado destino final de los residuos transportados y que reduzcan además el grado de informalidad que presenta el sector el cual, en muchas ocasiones, atenta contra el desarrollo de prácticas ambientalmente adecuadas

Estos mecanismos eficaces de control se pueden lograr con un registro de transportistas habilitados, una guía de transporte para cada viaje que realicen y un cuerpo de inspectores que vigile el sistema de transporte y tenga la autoridad de sancionar a los infractores. Asimismo, los generadores, deberán entregar sus residuos exclusivamente a transportistas debidamente habilitados.

La problemática del volcado de RSU, por parte de la población, dentro de las volquetas destinadas a residuos de construcción y demolición, que se ubican transitoriamente en la vía pública, demanda acciones de educación pública y concienciación cívica que van más allá del tipo de contenedores que se utilice para el almacenamiento de los ROC. Una alternativa, puede ser la utilización de volquetas con tapa y cerradas con un sistema de cerradura operable sólo por quien las alquila.

Para el transporte de ROC contaminados con residuos peligrosos, se deben aplicar los criterios que se establecen para el transporte de residuos industriales categoría I o II. En ese caso además se ha de aplicar lo planteado en el capítulo 4, en cuanto al principio de reducción de desechos peligrosos, que orienta la implementación de acciones tendientes al manejo separativo de los desechos peligrosos y el resto de los ROC.

#### 4.1.6.5 Costo de transporte

Dentro de los Estudios Básicos (Tomo VI Cap. 10) se realizaron los cálculos necesarios para obtener un índice de US\$/ton/km, por lo que se consideraron varios escenarios de distancias posibles y se parametrizaron los costos en función de dicha distancia.

De estos cálculos resultan costos de transporte entre **2 – 3,5 US\$/t** en dependencia de la distancia y el medio de transporte utilizado (camión de caja abierta/volqueta). No obstante, estos costos se encuentran asociados a otras actividades de la construcción. Como el transporte no es una actividad controlada, las distancias a recorrer dependen de donde el transportador disponga los residuos, por lo que es conveniente buscar los sitios para escombreras cerca de los puntos de gravedad de generación.

#### 4.1.7 Indicadores de seguimiento y control

La planificación del sector debe realizarse de modo de cumplir con los objetivos planteados y su desarrollo debe ser seguido y controlado mediante la utilización de herramientas adecuadas.

Los indicadores, como herramientas de gestión, permiten monitorear la evolución de un sistema y su relación con los objetivos planteados de manera de implementar las medidas correctivas diseñadas y las que se consideren necesarias. .

Los posibles indicadores que sirven para monitorear la evolución del sistema se presentan en la siguiente tabla.

**Tabla 4-5: Indicadores para monitorear la evolución del sistema**

Indicador	Unidad	Objetivo
Cantidad general generada de ROC.	t/año	Por medio de los permisos de construcción con datos sobre residuos generados se elabora la cantidad general generada de los ROC
Cantidad específica de fracciones de ROC	t/año	Por medio de los permisos de construcción con datos sobre residuos generados se elabora la cantidad específica de fracciones de ROC (mínima: Residuos orgánicos, Residuos inertes, Residuos asimilables a RSU, Residuos peligrosos)
Cantidad de ROC depositada en: - Rellenos de RSU - Rellenos de Seguridad - Escombreras	t/año	Permite comparación entre residuos depositados adecuadamente y residuos generados de esta fracción
Cantidad de ROC entregada a planta de reciclaje y costo por tonelada tratada	t/año US\$/t	Rendimiento de planta de reciclaje
Porcentaje de ROC reciclada que está usado para fines de construcción	%	Permite evaluar un futuro desarrollo del mercado de reciclaje. Igualmente permite conocer exigencias del sector constructor para materiales reciclados

#### 4.2 Alternativas institucionales y legales

Dado que hoy no es posible hablar de un sistema de operación de los ROC, debidamente ordenado y controlado, el PDRS tiene la meta de recomendar la forma más adecuada de establecer un orden, definiendo actores y roles, tanto en las instituciones como en los agentes privados que brinden los servicios que sean definidos.

El presente capítulo discute las distintas modalidades y alternativas posibles de organización del sistema. Se parte de que los ROC son residuos sólidos generados durante la construcción, demolición, restauración o mantenimiento de cualquier obra civil, incluyendo los excedentes de excavaciones.

En los Estudios Básicos se ha constatado que actualmente ninguna institución nacional, ni departamental tiene a su cargo la regulación de los ROC lo que lleva no solo a un vacío legal sino a una oportunidad de actuación del sector informal, que produce, no sólo un desorden en el sistema, sino también una serie importante de impactos ambientales.

Desde el punto de vista de la regulación, sólo Montevideo cuenta con reglamentaciones específicas al respecto, pero éstas no se cumplen en la práctica. En consecuencia en el AMM los ROC son manejados por el sector privado con total discrecionalidad, sin ninguna regulación ni control efectivo por parte del Estado. Los problemas que fueron identificados en los Estudios Básicos justifican con creces la necesidad de la intervención de los Gobiernos Departamentales y del Poder Ejecutivo, (este último a través del Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente (MVOTMA) y, sobre todo, por la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA)). La Ley General de Protección del Ambiente (LGPA) N° 17.283 del 28 de noviembre de 2000 establece que el MVOTMA – en acuerdo con los Gobierno Departamentales – dictará las providencias y aplicará las medidas necesarias para regular el manejo de los residuos.

Los problemas más importantes detectados en los Estudios Básicos son, entre otros, los siguientes:

- Relleno incontrolado de zonas bajas, con ROC, creando la posibilidad de que se formen espejos de agua inconvenientes o no deseados, o produciendo el estrechamiento de cauces, y posibles inundaciones aguas arriba.
- Relleno incontrolado con ROC contaminados con residuos orgánicos o peligrosos.
- Ausencia de una separación de los ROC, en obra o en sitios autorizados de clasificación.
- Ausencia de control sobre si el tipo de vehículo que transporta los ROC es el adecuado para el material correspondiente.
- Vertido incontrolado de ROC en terrenos públicos o privados sin autorización de vertido ni consideración sobre la posible contaminación ambiental.

Desde el punto de vista de la propuesta de alternativas institucionales se entiende que se deben dilucidar los siguientes problemas, a los efectos de regular el sistema adecuadamente:

- Definición del generador de ROC y cómo procede la responsabilidad que le cabe.
- Definición del organismo regulador y de la responsabilidad operativa del sistema.
- Definición de actores, funciones y responsabilidades.

- Definición de permisos y habilitaciones y realización del control y seguimiento de la gestión en el Área.

A continuación se discuten los cuatro puntos antes expuestos:

#### **4.2.1 Definición del generador de ROC**

A fin de definir un sistema que realice la gestión de los ROC en forma planificada, ordenada y tal que no genere impactos ambientales significativos es necesario, entre otros aspectos, definir los principales actores del sistema, así como asignar las responsabilidades correspondientes.

La aplicación del principio contaminador pagador, se transforma generalmente, para la gestión de residuos, en la existencia de un generador pagador, y por lo tanto es un aspecto fundamental del sistema la definición de quién es el generador y de cuales son las responsabilidades que el mismo asume.

En la generación de ROC existe una dualidad que es necesario definir, existiendo dos actores diferentes sobre los cuales puede recaer la responsabilidad del sistema:

El propietario de la obra, en la cual se origina el residuo, que puede ser el propietario del predio o quien tenga su usufructo. Este puede ser tanto un privado como algún organismo oficial tal, como las intendencias o el MTOP.

El proyectista o responsable técnico de la obra, el cual representa al propietario ante la municipalidad correspondiente.

- El constructor o empresa constructora que ejecuta los trabajos

Si bien habría razones para asignar la responsabilidad de generación de los ROC a cualquiera de los actores mencionados, se entiende que el propietario de la obra es quien debe asumir esa responsabilidad al ser éste el generador en última instancia, ya que es su voluntad la que lleva a que intervengan los otros actores.

Sin embargo es claro que es un generador con características diferente a los otros que se han identificado en el caso de otros residuos debido a varias causas:

- No cuenta con información acerca de los residuos que se generan o podrían generarse en la obra que pretende realizar
- No cuenta con información sobre la gestión adecuada de los ROC

Por otra parte, dada la dispersión que presenta este actor, tampoco es posible pensar en informar al respecto para que asuma su responsabilidad.

Lo aconsejable es descargar la responsabilidad de esta gestión sobre el segundo de los actores definidos (representante técnico de la obra) quien si puede constituirse en un actor informado, y que de hecho es quien asume ya la responsabilidad de la obra civil. Esto implica colocar la gestión de los ROC como una componente más en la gestión de una construcción ante la autoridad competente, es decir la municipalidad.

En este caso será este actor el que, con la información necesaria, defina qué tipo de ROC puede resultar de la obra civil propuesta, y cómo debe realizarse la gestión del mismo. Esta deberá luego imponerse al constructor o contratista que será el que ejecute luego la obra y por tanto será quien lleve a cabo esta actividad.

#### **4.2.2 Definición de los organismos responsables de la gestión (regulación y responsabilidad operativa)**

El segundo punto a resolver, a fin de definir el sistema, es qué organismo deberá hacerse cargo de la regulación. . En este sentido se abren dos alternativas claras:

- La DINAMA, como responsable genérica de la regulación de residuos, de acuerdo a lo establecido por la LGPA.
- Las Intendencias Municipales, en función de su carácter de ordenadoras del territorio y por tanto con la potestad de regular las construcciones sobre el mismo. La elaboración y aprobación de una reglamentación de este tipo, hoy inexistente, es un paso ineludible para la organización del sistema... Al respecto se abren varias alternativas:

##### **Alternativa 1: Regulación general a cargo de la DINAMA**

Se desarrolla una reglamentación única a cargo del MVOTMA, que asignará las competencias de regulación y la responsabilidad operativa a la DINAMA. Esta podrá asumir directamente su responsabilidad o podrá delegar a las Intendencias competencias en su territorio, en caso de que éstas puedan hacerse cargo de esta tarea. La reglamentación tendrá carácter único y valido para todo el país.

##### **Alternativas 2: Regulación a cargo de la Intendencias**

La otra opción es que sean las Intendencias las responsables de la regulación y, sobre todo, de ejercer la responsabilidad operativa. Dentro de la función regulación se han identificado dos sub funciones, la de normativa y la de control. Dentro de esta alternativa las funciones de control quedan claramente a cargo de las Intendencias, pero en cuanto a la función normativa se abren algunas variantes:

##### **Variante 1**

Reglamentación única para todo el país que defina la responsabilidad operativa de las Intendencias para el manejo de los ROC en su territorio así como el control de la gestión. Esta reglamentación común debería ser elaborada por el MVOTMA en función de las competencias que le asigna la LGPA, en acuerdo con la Intendencias Municipales, a fin de tener en cuenta las responsabilidades de cada departamento. Esta reglamentación permitiría definir el marco normativo del sistema, la asignación de responsabilidad operativa a las Intendencias, así como competencia para el control del mismo. De todas formas, si bien es importante tener una reglamentación común para todo el país, debería dejarse espacio para que las Intendencias puedan complementar el marco normativo a través de reglamentos propios, que tomen en cuenta sus peculiaridades.

## **Variante 2**

Cada Intendencia regula el sistema a través de normativas propias en función de las potestades que les asigna la LOM. La regulación de este sistema sería una extensión de la regulación en la construcción de obras dentro de su territorio, por lo que su control sería parte de este sistema. Las Intendencias presentan ventajas en el desarrollo de este tipo de normativa basada en los siguientes aspectos: a) manejan los trámites correspondientes a permisos de construcción y de cómo operan éstos. b) manejan las habilitaciones para la operación de transporte, por ejemplo de volquetas, y c) tienen la potestad de definir la localización de actividades en su territorio.

La siguiente Tabla compara las ventajas y desventajas de regular y controlar el sistema de los ROC a nivel nacional o departamental.

**Tabla 4-6: Comparación entre regular el sistema de los ROC a nivel nacional o departamental**

Ámbito nacional		Ámbito departamental	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Por una regulación nacional se pueden exigir los mismos estándares mínimos en todo el país.</li> <li>➤ Dado que ya la tarea ha sido asignada a la DINAMA, ésta podría actuar de inmediato.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La mayoría de las obras necesita un trámite de la Intendencia en la que está radicada, de habilitación de la disposición de los ROC.</li> <li>➤ La DINAMA no tiene una red de oficinas departamentales.</li> <li>➤ Las grandes cantidades de ROC y los costos de transporte correspondientes requieren, en la mayoría de los casos, un sistema de instalaciones de tratamiento y disposición final departamental.</li> <li>➤ Por la potestad territorial de las Intendencias, todos los sitios de vertido tienen que ser acordados con los gobiernos departamentales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los permisos de construcción son otorgados por las Intendencias.</li> <li>➤ Los gobiernos departamentales realizan el ordenamiento territorial de su territorio.</li> <li>➤ El manejo de los ROC es una actividad de ámbito local. Por los costos de transporte, los transportistas buscan sitios para rellenar cerca de la obra, que es, en general, en el mismo departamento.</li> <li>➤ Las cantidades producidas son considerables pero los estándares a aplicar a las instalaciones de tratamiento y disposición final son bajas. Por ello cada uno de los departamentos puede desarrollar su propio sistema de instalaciones.</li> <li>➤ En alguno de los departamentos ya existen regulaciones parciales, aunque no son aplicadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Los estándares son distintos en cada uno de los departamentos.</li> <li>➤ El MVOTMA tiene que transferir la responsabilidad de la regulación de los ROC a los gobiernos departamentales.</li> </ul>

De la tabla anterior surgen varias conclusiones que se exponen a continuación:

- A pesar que es conveniente una definición común general para todo el país en cuanto al manejo de este tipo de residuos, dado que en la mayoría de los casos se tratan como excedentes de obras de construcción, su manejo está muy ligado a este sector, y por tanto entraría en la órbita municipal. Esto se ve reforzado con el hecho de que se ha identificado a los responsables

técnicos de las obras, como actores principales en el manejo de estos residuos.

- El volumen de los residuos involucrados, sumado a la baja peligrosidad de los mismos, hace que el costo de transporte tenga una incidencia muy grande en las soluciones técnicas y por tanto las mismas deban tener una extensión territorial limitada
- Por tanto parece adecuado recomendar la variante 2, con la recomendación de que DINAMA presente una normativa tipo, válida para todo el país, pero que pueda ser ajustada por cada una de las Intendencias.

Si bien esta alternativa podría estar en contradicción con la responsabilidad genérica que la LGPA le asigna a la DINAMA en lo que respecta a la gestión de los residuos, se entiende más operativo que la gestión de los ROC quede a cargo de la Intendencias en el supuesto de que, si se separase de éstos los residuos peligrosos, los ROC limpios no presentan peligrosidad en su utilización significando más impactos de orden territorial que estrictamente ambientales.

#### **4.2.3 Definición de actores, funciones y responsabilidades**

De lo anterior resulta que la regulación en la gestión de los ROC no puede ser independiente de la gestión de las obras civiles en general, por lo que la autoridad competente en estos casos deben ser las Intendencias Municipales. Estas deberían entonces asumir tanto la función de regulación y control como la de responsabilidad operativa, de manera que sea posible una gestión formal de los ROC en todo el territorio de la AMM.

De acuerdo a los resultados de los Estudios Básicos, los puntos claves para la formalización de la gestión de los ROC son: a) el manejo de los ROC en obra, y b) la disposición adecuada de los mismos. Para esto se requiere la normalización y control que regule la actividad de los actores que están interviniendo en el sistema.

A estos efectos los actores relevantes sobre los cuales deberá normalizarse son los siguientes:

- Generadores, de los que como ya se explicó deberá definirse la responsabilidad última del propietario, y la del responsable técnico de la obra, es decir aquel que gestiona el permiso de construcción
- Constructor, que es quien lleva a cabo la obra en sí misma y tiene responsabilidad en el manejo en obra de los ROC, realizando la clasificación y almacenamiento que se imponga
- Transportista, es quien recoge los ROC dispuestos en los contenedores especificados y realiza su transporte hacia los puntos de disposición final o de valorización. El actor transportista es, tal vez, el más importante en la formalización del sistema, ya que es quien controla tanto el residuo que recoge en el origen como el destino del mismo. La normativa que se defina debe dejar en claro las responsabilidades de este actor en cuanto al traslado de residuos.
- Responsables de rellenos de lotes. Se trata de uno de los posibles usos de los ROC, clasificados o tratados. Dado que esta aplicación requiere cierto

control y criterio técnico, deberá regularse la misma. La propuesta del Consultor es adoptar para los rellenos de lotes las formalidades de la construcción civil, haciendo que los mismos cuenten con los permisos correspondientes. Esto obligará a que exista un responsable técnico quien será el que defina tanto los ROC que podrá recibir como la manera más adecuada de manejarlos.

- Responsable de las plantas de clasificación de residuos. Se trata de unidades de clasificación de ROC que se encuentran fuera de la zona de obra. Si bien la existencia de estas unidades debe considerarse como posible, no parece razonable un desarrollo autónomo de las plantas de trituración e incluso de las escombreras. El desarrollo de éstas dependerá de los costos de recepción en los SDF de los ROC sucios.
- Responsable de plantas de fraccionamiento. Se trata de una de las posibilidades de valoración de los ROC que permitirá la reducción en los que deban ser dispuestos. Sin embargo se trata de una actividad que debe contar con algún grado de apoyo o protección porque no parece posible su surgimiento solamente por iniciativa privada. Por tanto la regulación de este actor deber considerarse dentro de la función de responsabilidad operativa a ser asumida por las municipalidades en la medida que se entienda que pueda ser útil al sistema
- Encargados de escombreras y SDF. Esto son los dos destinos posibles de los ROC, (se excluye los peligrosos que deberán ir a un relleno de seguridad). Mientras que los ROC sucios deberán ir a un SDF, abonando una tasa castigo, los ROC limpios podrá ser dispuestos en escombreras. El funcionamiento de estos actores deberá estar regulado, sobre todo en cuanto a las restricciones que deberán tener las escombreras en la aceptación de residuos.

La definición de los actores antes indicados y sus roles y responsabilidades deberá ser objeto de una normativa que defina el marco de funcionamiento de todo el sistema. Esta normativa, si bien es estrictamente municipal, a los efectos de la regulación dentro del AMM, debería manejarse con las mismas bases en los tres departamentos, aunque se atienda a las especificidades de cada uno de ellos.

Si bien la normativa debería regular todos los aspectos de los actores, los siguientes son los que se consideran más relevantes para el funcionamiento ademedado del sistema:

- Definición de la responsabilidad en la gestión de los ROC ante la municipalidad al responsable de la construcción. Este será quien presente los Planes de Gestión de ROC de las obras, como parte de los permisos correspondientes.
- Obligación de clasificar los residuos en obra o de derivar los ROC sucios a plantas de clasificación. Esta obligación de todas formas no puede ser firme, ya que para las pequeñas obras esto no será posible, debiendo existir una alternativa de disposición para los ROC sucios.
- A las empresas transportistas se les deberá asignar algunas responsabilidades fundamentales para el adecuado funcionamiento del sistema. Éstas serían las siguientes:

- Recolección de residuos solamente en obras que cuenten con permisos de construcción. Los ROC generados por obras menores sin permiso, no podrán ser recogidos por las empresas habilitadas, y deberá recurrirse a servicios municipales con destino a los SDF.
  - Verificación de los residuos que se reciben, en cuanto a si pueden considerarse ROC limpios o sucios. Si bien esta clasificación debe surgir de los responsables de las obras, el transportista deberá verificar que esta clasificación se haya realizado. En caso de no ser así solo podrá considerar esos residuos como ROC sucios.
  - Transportar los ROC hasta sitios habilitados. En caso de disponerse para relleno de lotes, deberá comprobarse que los mismos cuenten con permiso de construcción. En caso de disponerse en una escombrera la misma deberá contar con habilitación municipal para su funcionamiento.
- Definición de los responsables de plantas de clasificación y de fraccionamiento y necesidad de habilitación municipal para su operación.
  - Obligación para los propietarios que deseen realizar rellenos de lotes de contar con permisos de construcción aprobados por los municipios quienes deberían verificar que se cumpla con los requerimientos mínimos para ello.

#### **4.2.4 Definición de permisos y habilitaciones para realizar el control y seguimiento de la gestión en el Área.**

En cuanto a la identificación del tipo de permiso, habilitación y control, deberán instrumentarse herramientas para regulación y control del sistema, tales como las indicadas a continuación:

**Planes de Gestión de Residuos (PGR):** Estos planes deben ser entregados como parte de la información a suministrar durante la gestión del permiso de construcción. Este PGR indicará la siguiente información:

- Volúmenes estimados de ROC a generar
- Forma de clasificación de los mismos en las obras
- Lugar de clasificación en caso que no se proceda a la clasificación en obra
- Empresa que se hará cargo del transporte de los residuos
- Destino previsto para los mismos,

Los PGR deberá estar firmados por el responsable técnico de la obra.

En los casos de obra pública, es decir cuando el propietario de las obras sea algún organismo de Estado, nacional o municipal, la exigencia de presentar y ejecutar el PGR corresponde a la empresa constructora que se contrate para ejecutar los trabajos, por lo que dicha obligatoriedad debe incluirse en los Pliegos de Licitación. En estos casos el Director de Obra designado tendrá la responsabilidad de verificar el cumplimiento de dicho PGR.

#### **Registro empresas transportistas o habilitadas para el transporte**

Actualmente el transporte de los ROC está a cargo mayoritariamente de empresas suministradoras de volquetas o de fleteros privados contratados por

las empresas constructoras las que, en algunos casos, utilizan camiones propios.

A partir de la aprobación de la normativa, esta actividad no podrá ser realizada, de no estar inscritas en el registro de empresas como personas habilitadas para el transporte de ROC. Deberán registrarse obligatoriamente las empresas de volquetas, las empresas constructoras con camiones propios y los fleteros que realicen transporte de ROC.

Este registro es municipal, por lo que, quienes quieran trabajar en más de un departamento, deberán estar registrados en cada una de las Intendencias.

Los requerimientos para el registro deberían ser pocos, y el propósito es la posibilidad de que se le suministre información acerca del sistema de gestión de ROC que sea implementado y de las condiciones que se establezcan para su transporte.

El registro será imprescindible para que: a) la empresa pueda ser considerada para el transporte de ROC en los PGR de obras, b) sea admitida su descarga en los SDF, ya sea de ROC limpios o sucios, c) sea admitida su descarga para rellenos de lotes, o en una planta de clasificación o fraccionamiento, así como en una escombrera.

Actualmente la Intendencia Municipal de Montevideo cuenta con una reglamentación que crea un registro con espíritu similar, la que deberá ser adaptada a la presente propuesta.

#### **Permisos de obras para relleno de lotes**

Los rellenos de lotes privados deben ser considerados como construcciones y por tanto contar con permiso de construcción tal como cualquier edificación. Esto implicará, entre otras cosas, que cuente con un responsable técnico ante la municipalidad respectiva en que se presente un proyecto de relleno, el que deberá estar autorizado por la comuna.

La comuna deberá verificar la pertinencia del relleno que se propone así como las condiciones de tipo de ROC a ser utilizado para el mismo. En caso de proximidades a cursos de agua, puntos bajos o zonas inundables deberá contarse con el pronunciamiento de los responsables de drenaje urbano, quienes fijarán las condiciones de altura, nivel y alcance del relleno.

La normativa deberá prever sanciones para aquellos particulares que rellenen terrenos sin contar con la autorización correspondiente.

#### **Habilitación de una planta de clasificación y fraccionamiento**

Si bien no es imprescindible para el funcionamiento del sistema de ROC que se está proponiendo, parece aconsejable que se puedan instalar plantas de clasificación, de fraccionamiento o de las dos cosas. Estas plantas deberán surgir por iniciativa privada y, en caso que la comuna lo considere a conveniente, podrá estimular su instalación, suministrando por ejemplo el sitio.

Esta planta podría instalarse o en predios de los SDF, o en predios privados aislados o en lugares próximos a las escombreras. La existencia de una planta de clasificación habilitada, en el mismo sitio que una escombrera permitiría, a ésta, recibir ROC sucios, los que se clasificarían en la planta, separando los

ROC limpios que se han de llevar al terreno de los RSU que se transportarían al SDF para su disposición final

En cualquier caso de operación de las plantas, éstas deberán contar con una habilitación por parte de la Comuna. La normativa prevista definirá las condiciones de operación, así como los controles a que estarán sujetas.

Como sugerencia del Consultor se ha previsto la instalación de una planta de fraccionamiento piloto, a ser instalada en Felipe Cardoso. Esta planta tendría como objetivo directo preparar material que pueda ser utilizado en la caminería interna de SDF y explorar la posibilidad de desarrollo de un mercado de áridos artificiales para construcción.

#### **Habilitación de escombreras**

Las escombreras serán infraestructuras que permitan recibir ROC limpios como sitios de disposición final. Por lo tanto se trata de infraestructuras con las que es indispensable contar para obtener un adecuado funcionamiento del sistema. Esto se basa en que la disposición de ROC limpios en los SDF no es aconsejable ya que la calidad de los residuos no lo justifica, y la distancia para su traslado a estos puntos haría antieconómica dicha disposición.

Por lo tanto, si bien las escombreras podrían surgir por iniciativa privada, será necesario que las Intendencias, asumiendo la función de responsabilidad operativa, asegure la existencia de al menos una de ellas en todo el AMM, de forma que siempre exista una escombrera en servicio para los residuos que deben dispuestos en esta infraestructura.

Las escombreras para operar, sean municipales o privadas, deberán contar con una habilitación por parte de la Intendencia donde se radica. Esta habilitación, seguramente requerirá, entre otras condiciones, la Autorización Ambiental Previa por parte de la DINAMA.

#### **4.2.4.1 Seguimiento y control**

En todas las operaciones de manipulación de los ROC se debe hacer un seguimiento y control de que las mismas sean realizadas de acuerdo a las normativas legales y ambientales.

El Consultor aconseja que ese seguimiento y control sea realizado por funcionarios del Gobierno Departamental correspondiente, los que, a través de la Intendencia, deben dar intervención a la DINAMA en aquellos casos en que tengan dudas respecto al cumplimiento de las normas preestablecidas en cuanto al impacto ambiental.

Los inspectores deberán estar debidamente capacitados por la Intendencia correspondiente en el tema de operación de los ROC y podrán establecer multas y obligar a los infractores a reparar daños y perjuicios de las operaciones incorrectas que se constaten. Los operadores de residuos deberán acatar de inmediato las órdenes que reciban de los inspectores, sin perjuicio de que, posteriormente, puedan recurrir ante la Intendencia presentando los descargos correspondientes respecto a las observaciones realizadas por dichos funcionarios.

En las tareas de seguimiento y control es posible identificar dos tipos de inspecciones, una fija y otra móvil.

- Las inspecciones fijas son aquellas realizadas en los Sitios de Disposición Final y en la Planta Piloto por personal debidamente capacitado para realizar el control del grado de clasificación de los residuos que llegan. En el caso de detectar residuos contaminados los inspectores de los SDF tienen la autoridad de establecer como destino obligatorio el SDF de Felipe Cardoso, hasta tanto no esté operando el Relleno de Seguridad.
- Las inspecciones móviles son las realizadas en las escombreras, los lotes privados de vertido y en la vía pública en general por personal debidamente capacitado.

Los inspectores de las escombreras pueden tener más de una a su cargo, estando en permanente contacto con el personal estable de las mismas. El personal estable de las escombreras tendrá la autoridad de aceptar o rechazar los residuos que llegan, pero deberá comunicarse con el inspector en el caso de rechazo y es éste la autoridad que puede determinar el destino definitivo de los residuos rechazados.

Las inspecciones en los lotes privados serán aleatorias. Su cometido será verificar que la información declarada al momento de realizar el pedido de la Autorización de Vertido coincida con la realidad. Además se deberá inspeccionar la correcta clasificación de los residuos a verter o ya vertidos.

Otra tarea que deben cumplir estos inspectores es la de analizar si corresponde dar la autorización a aquellos lotes que generen dudas a los encargados de dar la Autorización de vertido. Estas dudas podrían surgir, entre otras, sobre lotes cercanos a cursos de agua, lotes bajos o lotes situados en áreas protegidas.

Las inspecciones en la vía pública tendrán como cometido el control de los Permisos de Construcción en cualquier obra del departamento. Este control será respecto a la existencia de la correcta documentación de obra, como ser el Permiso de Construcción y el de Gestión de Residuos. Además se deberá controlar si es correcto el sistema de clasificación así como la gestión de residuos, de acuerdo a lo declarado al momento de realizar el trámite y según la forma de realizarlo.

Además los encargados de realizar estas inspecciones tienen la autoridad de controlar la documentación y operación de los transportistas de ROC respecto a la carga que transportan.

### **4.3 Regulaciones a implementar**

De acuerdo a lo establecido anteriormente, el Consultor propone que la regulación del sistema de los ROC se realice a través de normativa municipal con adaptación, de acuerdo a la realidad local, de la reglamentación que, a nivel nacional, realice la DINAMA.

Para esto se requiere el cumplimiento de las siguientes metas:

- Adecuar la reglamentación existente (Resolución 1501/01 en IMM) y desarrollar nuevos reglamentos en los otros departamentos.

- Reforzar la capacidad de los organismos responsables de los permisos de construcción y drenaje de aguas de forma que puedan ejercer las funciones previstas en las reglamentaciones establecidas

### **4.3.1 Modificaciones a nivel municipal**

Para el control eficiente de la futura gestión de los RCD y de los suelos procedentes de excavaciones, es necesario que las Intendencias de Montevideo, San José y Canelones realicen correcciones a las actuales reglamentaciones.

#### **4.3.1.1 IMM**

La IMM presenta una regulación más avanzada respecto de San José y Canelones, a través de la Resolución 1501/01 que establece ciertas condiciones para la gestión de residuos. En ella se indican los lineamientos y obligaciones para el transporte, reciclaje y disposición final, además de definir la creación de un registro de generadores y transportistas.

Por lo tanto la necesidad de una actualización de la normativa no es acuciante, aunque sí es fundamental que la misma sea puesta en práctica.

A las exigencias de la Resolución 1501/01, se debería agregar:

- La obligación de que el propietario de cualquier obra, pública o privada, que sea un potencial generador de RCD o de suelos de excavación, presente un Plan de Gestión de Residuos conjuntamente con el permiso de construcción. Esto implica la responsabilidad de que todo propietario de una obra cuente con un representante técnico ante la Intendencia.
- La obligación de disponer residuos de RCD solamente en sitios debidamente autorizados.
- Que la IMM lleve un registro de los lugares aprobados para el vertido de los suelos de excavación y de los RCD, en sus distintos tipos.
- Que se autorice el ingreso de los vehículos empadronados en las otras intendencias del AMM. a cualquier instalación municipal referida a la gestión de ROC
- Crear la habilitación para plantas de fraccionamiento o clasificación
- Crear la categoría de escombreras como sitios autorizados para disposición de ROC, estableciendo criterios para su admisión
- Establecer la obligatoriedad de contar con un permiso de construcción para el relleno de lotes

#### **4.3.1.2 IMC e IMSJ**

Las Intendencias de Canelones y de San José presentan una situación normativa diferente a la de Montevideo. En esos departamentos se han definido únicamente los lineamientos para la disposición final.

Por lo tanto en San José y Canelones se deberán definir normas para la regulación de la recolección, transporte y tratamiento de los RCD y de los suelos provenientes de excavaciones y mejorar la normativa sobre la disposición final de los mismos.

El Consultor estima necesario establecer en la normativa de ambas intendencias, entre otros, los siguientes puntos:

- La implementación de un plan de gestión de residuos a ser presentado junto al permiso de construcción, donde quede registrado el generador, la cantidad y tipo de residuos, el origen de los mismos y el lugar de disposición final. Esto implica la responsabilidad de que todo propietario de una obra cuente con un representante técnico ante la Intendencia.
- La introducción de permisos de construcción para los rellenos de lotes.
- El registro de los transportistas en las Intendencias Municipales, estableciendo la obligación de que, con cierta periodicidad, comuniquen el origen, cantidad y características de los RCD y de los suelos que transportan.
- El registro de los constructores en las Intendencias Municipales.
- Que las Intendencias de San José y Canelones lleven un registro de los lugares aprobados para el vertido de los suelos de excavación y de los ROC, en sus distintos tipos.
- Crear la habilitación para las plantas de fraccionamiento o clasificación
- Crear la categoría de escombreras como sitios autorizados para disposición de ROC, estableciendo los criterios para su admisión
- Establecer la obligatoriedad de contar con un permiso de construcción para el relleno de lotes

## **4.3.2 Otras medidas recomendadas**

### **4.3.2.1 Banco de datos para los ROC**

Sería recomendable contar con un banco de datos para los ROC, gestionado por las oficinas en las que se tramitan los Permisos en cada Intendencia del AMM. Este banco de datos será instalado en Internet y estará directamente vinculado con los permisos otorgados.

En el formulario del trámite para el permiso de vertido se podría incluir la pregunta de si el propietario quiere ser puesto en el banco de datos, publicando así su demanda de ROC. Por otro lado los propietarios de los ROC pueden ofrecerlos en este banco de datos. En esta forma se puede estimular el mercado para el aprovechamiento de los ROC.

Si bien es una medida recomendable, no se entiende como fundamental a los efectos del funcionamiento del sistema, por lo que no se la considerará en el Plan de Acción.

#### **4.3.2.2 Modificaciones en los pliegos de condiciones para obras**

Hoy en día, los Pliegos de condiciones no consideran a los ROC ni desde el punto de vista de los costos, ni como posible fuente de materiales de construcción.

Por ello el Consultor recomienda introducir:

- Ubicación y cantidades estimadas de los ROC y la forma en que se considera se realizará su disposición, de modo que puedan incluirse dentro de los costos de la oferta. De esta forma se puede asegurar una disposición adecuada para ellos, situación muy distinta a la actual, en la que el contratista busca para los ROC únicamente la forma más barata de vertido.
- La posibilidad de que también se acepten materiales de construcción, reciclados si éstos cumplen con los estándares de calidad.

#### **4.3.2.3 Determinación de estándares para materiales de construcción**

Hay un tema que merece una consideración nacional, aunque no necesariamente a nivel reglamentario y es la determinación de ciertos estándares para los materiales de construcción generadores de los RCD. Este es un tema muy amplio, dada la multitud de materiales inertes existentes en los RCD, las condiciones locales y exigencias de calidad de los materiales por parte de proyectistas e industria constructora.

Para el desarrollo de estos estándares se necesita una comunicación amplia entre todos los agentes vinculados a la construcción tales como empresas constructoras, la industria que fabrica elementos utilizados en la construcción, l proyectistas y autoridades, tanto nacionales como departamentales.

**Para ello el Consultor recomienda la formación de un comité para definir estándares de aplicación nacional.**

#### **Riesgos y sus medidas de mitigación**

La próxima tabla muestra la identificación de posibles riesgos para el PDRS de ROC recomendado, y menciona las medidas de mitigación posibles para evitar estos riesgos.

**Tabla 4-7: Medidas de Mitigación**

Riesgo	Posibles Consecuencias	Mitigación del Riesgo
<b>RIESGOS REFERENTE A LA PARTICIPACIÓN DEL SECTOR PRIVADO</b>		
Riesgos referentes a la estabilidad del marco legal y político	Falta de participación del sector privado en el sector y necesidad de financiamiento por el sector público	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Seguridad legal y base para la planificación a largo plazo</li> <li>➤ Control del manejo de residuos por parte de DINAMA (Planes de Gestión de Residuos) y intendencias</li> </ul>
Riesgo de cantidades (riesgo de mercado)	Fracaso económico del proveedor del servicio	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Suficientes beneficios para el proveedor</li> <li>➤ Exigencias en cuanto a la credibilidad de la empresa privada</li> </ul>
<b>RIESGOS REFERENTE AL MARCO JURÍDICO</b>		
Debilidad del marco legal para el sector de residuos	Herramientas legales insuficientes para la regulación y el control del sector	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Promulgar normas referentes al sector informal, separación en origen y recolección selectiva</li> <li>➤ Promulgar ordenanzas referentes a la conducta de los usuarios (espacios públicos, basurales endémicos etc.)</li> <li>➤ Reserva de zonas contiguas a cursos de agua</li> <li>➤ Definición de estándares técnicos para el manejo de residuos (particularmente en cuanto a su aprovechamiento y Disposición final</li> <li>➤ Exigencia de planes de gestión de ROC, de permisos para llenar lotes y de un registro de empresas constructoras, transportistas etc. (ROC).</li> </ul>

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
 PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
 Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

<b>Riesgo</b>	<b>Posibles Consecuencias</b>	<b>Mitigación del Riesgo</b>
<b>RIESGOS REFERENTE A LA COLABORACIÓN DE LOS USUARIOS (GENERADORES)</b>		
Falta de colaboración de los usuarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Fracaso de la implementación del PDRS</li> <li>➤ Poca disposición para pagar costos del vertido. .</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Presentación del PDRS a los usuarios y destaque de la importancia del tema en el desarrollo industrial y económico del área</li> <li>➤ Participación de los generadores a través de asociaciones y grupos interesados (forum, recepción y contestación de sugerencias y quejas, participación en el proceso de la autorización de las instalaciones)</li> <li>➤ Capacitación del personal de los actores (particularmente de los generadores)</li> <li>➤ Mejoramiento del marco normativo, control y fiscalización</li> </ul>

## 5 Descripción del sistema recomendado

### 5.1 Reducción y reutilización de ROC

El PDRS propone las siguientes estrategias para lograr una reducción en la producción de ROC y facilitar la reutilización del material no contaminado:

- Demolición selectiva: planificar los trabajos de demolición para reutilizarlos en la obra o comercializarlos.
- Reutilización de material inerte: en mantenimiento de caminería secundaria, relleno de predios particulares, recuperación de pasivos ambientales y mejoramiento de calles de material granular en mal estado.
- Herrería de obra a medida: ordenar doblado y sobre medida el hierro utilizado para la fabricación de las estructuras en concreto armado.
- Separación del suelo orgánico en excavaciones: reutilizar la capa de suelo orgánico extraída en las excavaciones para la readecuación de las zonas verdes de la obra o su comercialización para fines de jardinería.
- Reutilización del material proveniente del mantenimiento de vías: Los residuos de pavimentos de hormigón se sugiere sean utilizados.
- Los residuos de pavimentos asfálticos se sugiere sean utilizados como rellenos o como agregados para material de aporte de bases granulares

### 5.2 Clasificación

Los ROC se pueden clasificar, en función de su naturaleza, en las siguientes categorías:

- Residuos asimilables a domésticos: se generan en obra como restos de alimentos, envases descartables, cáscaras, bolsas de polietileno, etc
- Residuos especiales o peligrosos. restos de electrodos, pilas, envases de pintura, solventes, aditivos, y residuos contaminados con hidrocarburos.
- Residuos inertes: residuos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.
- Residuos no inertes: residuos derivados de materiales tales como plásticos (envases no contaminados con hidrocarburos u otras sustancias tóxicas, restos de tuberías, etc.), papel y cartón (cajas de cartón, bolsas de cemento, etc.), maderas (restos de encofrado, puntales, etc.) y metales (restos de varillas de acero, clavos, trozos de chapa, etc.).

Se sugiere implementar la práctica de clasificación de los residuos en obra de forma gradual y en coordinación con labores de capacitación y concienciación al personal de la obra.

Así mismo se recomienda para los casos en que no se realice clasificación en la obra, la implementación de plantas de clasificación mixtas, a integrar al sistema de gestión de los ROC.

## **5.3 Valorización**

Para valorización de ROC, se recomienda utilizar los tratamientos para producir materiales reciclables

Se recomienda para los escombros de hormigón y de mampostería, la aplicación del proceso de fragmentación y compactación. Este proceso puede competir económicamente con los precios de materiales de construcción en el mercado local. Para el efecto se recomienda la instalación de una planta piloto.

La instalación de la Planta Piloto de fragmentación, tendrá como objetivo explorar el mercado de áridos artificiales, buscando tanto posibilidades de uso como clientes. En este sentido el OCI, actuará como incubadora de un posible emprendimiento que pueda después ser operado por el sector privado bajo su riesgo.

Se propone instalar la planta piloto en alguno de los predios del actual SDF de Felipe Cardoso donde se aceptaría ROC inertes con menos de un 5% de otros residuos realizándose un registro de control de admisión en planillas con pesaje, indicación de la tarifa y zona de descargo.

La inversión estimada de la planta es de US\$ 150.000 y el costo de producción del material es del orden de US\$ 5,87/m<sup>3</sup>

## **5.4 Utilización del material tratado**

### **5.4.1 Utilización en caminería del SDF**

Los ROC a utilizar pueden ser inertes contaminados o no con RSU. Se debe evitar la presencia de ROC no inertes y de ROC contaminados con residuos peligrosos.

Para la caminería permanente, o que no sea realizada sobre la zona impermeabilizada del SDF, se recomienda utilizar ROC inertes limpios.

Como material de mejoramiento de los caminos del SDF Felipe Cardoso se recomienda la utilización de escombros de mampostería tratados, escombros de hormigón tratados y residuos de mantenimiento de vías.

Para la reparación periódica de los caminos del SDF, se recomienda utilizar los escombros de mampostería mediante el proceso de fragmentación – compactación.

Se recomienda la ubicación de la Planta Piloto en el SDF ya que los costos de transporte se minimizan y el control sobre el manejo de los mismos puede ser realizado por el mismo personal que opera el relleno.

### **5.4.2 Utilización como relleno en terrenos**

El material a utilizar como relleno en terrenos no deberá contener plomo, metales pesados, restos de pintura, solventes o combustibles, para evitar la contaminación de los suelos y aguas subterráneas.

Los residuos deben estar libres de materia orgánica, debe carecer de hierro u otros elementos que dificulten su manipulación y deben estar libres de residuos peligrosos.

### **5.4.3 Utilización para recuperar pasivos ambientales**

La recuperación de pasivos ambientales incluye el relleno de canteras que se encuentran abiertas, en muchos casos inundadas, para su posterior integración como áreas utilizables.

El uso de ROC para relleno de canteras, dependerá de las características de la cantera y de la calidad de los ROC a depositar; sólo se podrán rellenar las canteras que posean una barrera geológica natural.

DINAMA debe establecer un registro de canteras aptas para relleno y se deberá llevar permanentemente un control de las actividades de relleno de las mismas que garantice las adecuadas labores de recuperación.

## **5.5 Disposición final**

Los ROC, que no sean reutilizados, reciclados o valorizados, deben ser dispuestos de la siguiente manera:

- ROC inertes: disposición en escombreras, cumpliendo los requisitos establecidos para el efecto.
- ROC asimilables a RSU: disposición en SDF para RSU (con cobro de tarifa extra)
- ROC peligrosos: disposición en relleno de seguridad

## **5.6 Recolección y transporte**

Los actores involucrados en la gestión de los ROC son:

- Empresas de volquetas o contenedores
- Empresas de fletes y
- Empresas constructoras con vehículos propios

En cuanto a las instituciones los actores involucrados son:

- Las intendencias municipales y
- El MTOP

Se deben establecer los mecanismos de control a través del registro de transportistas habilitados, una guía de transporte para cada viaje que realicen y un cuerpo de inspectores que vigile el sistema de transporte y tenga la autoridad de sancionar a los infractores. Los generadores, deberán entregar sus residuos exclusivamente a transportistas debidamente habilitados.

Las medidas de control deben ir acompañadas de una labor educativa a la comunidad y concienciación cívica para garantizar que el material transportado sea el separado en la obra.

Para el transporte de ROC contaminados con residuos peligrosos, se deben aplicar los criterios que se establecen para el transporte de residuos industriales categoría I o II.

## 5.7 Aspectos institucionales

El PDRS recomienda, ajustar la reglamentación actualmente vigente en la IMM, sin embargo debe poner especial énfasis en su cumplimiento. Para las IMC e IMSJ expedir las normas que les permitan dar un manejo adecuado a los ROC.

La regulación de la gestión de los ROC debe estar estrechamente ligada a la gestión de las obras civiles, por lo que las autoridades competentes para el efecto deben ser las Intendencias Municipales. Estas deberán asumir tanto la función de regulación y control como la de responsabilidad operativa, de manera que sea posible una gestión formal de los ROC en todo el territorio del AMM.

Es indispensable la normalización y regulación de los roles y responsabilidades de los actores que intervienen en el funcionamiento del sistema para poder garantizar el adecuado manejo de los ROC.

A estos efectos los actores relevantes sobre los cuales deberá normalizarse son los siguientes:

- Generadores: deberá definirse la responsabilidad técnica de la obra para la gestión de los permisos de construcción.
- Constructor: es quien ejecuta la obra y tiene responsabilidad en el manejo de los ROC, realizando la clasificación y almacenamiento requeridos.
- Transportista: es quien recoge los ROC dispuestos en los contenedores especificados y realiza su transporte hacia los puntos de disposición final o de valorización.
- Responsables de lotes para rellenos con ROC: aquellos responsables de tramitar los permisos para la utilización de los ROC en estos lotes.
- Responsables de las plantas de clasificación de residuos. Se trata de unidades de clasificación de ROC que se encuentran fuera de la zona de la obra.
- Responsable de plantas de fraccionamiento: Se trata de una de las posibilidades de valoración de los ROC que permitirá la reducción y reutilización.
- Encargados de escombreras y SDF: Son los dos destinos posibles de los ROC, (se excluyen los peligrosos que deberán ir a un relleno de seguridad). Mientras que los ROC sucios deberán ir a un SDF, abonando una tasa castigo, los ROC limpios podrá ser dispuestos en escombreras.

La definición de los actores antes indicados y sus roles y responsabilidades deberá ser objeto de una normativa que defina el marco de funcionamiento de todo el sistema. Esta normativa, si bien es estrictamente municipal, a los efectos

de la regulación dentro del AMM, deberá manejarse con las mismas bases en los tres departamentos, aunque se atienda a las especificidades de cada uno de ellos.

La normativa deberá regular todos los aspectos, si embargo los siguientes son los que se consideran más relevantes para el funcionamiento adecuado del sistema:

- Definición de la responsabilidad en la gestión de los ROC ante la municipalidad al responsable de la construcción.
- Obligación de clasificar los residuos en obra o de derivar los ROC sucios a plantas de clasificación.
- Responsabilidades de las empresas transportistas.
  - Recolección de residuos solamente en obras que cuenten con permisos de construcción. Los ROC generados por obras menores sin permiso, no podrán ser recogidos por las empresas habilitadas, y deberá recurrirse a servicios municipales con destino a los SDF.
  - Verificación de los residuos que se reciben, en cuanto a si pueden considerarse ROC limpios o sucios.
  - Transportar los ROC hasta sitios habilitados.
- Definición de los responsables de plantas de clasificación y de fraccionamiento y necesidad de habilitación municipal para su operación.

### **5.7.1 Control y seguimiento de la gestión de ROC**

**Planes de Gestión de Residuos (PGR):** Deben ser entregados como parte de la información a suministrar durante la gestión del permiso de construcción. Los PGR deberán estar firmados por el responsable técnico de la obra.

En las obras públicas, la exigencia de presentar y ejecutar el PGR corresponde a la empresa constructora que se contrate, por lo que dicha obligatoriedad debe incluirse en los Pliegos de Licitación.

#### **Registro empresas transportistas o habilitadas para el transporte**

Este registro es municipal, quienes quieran trabajar en más de un departamento, deberán estar registrados en cada una de las Intendencias. El registro será imprescindible para que puedan descargar los residuos en los sitios autorizados.

#### **Permisos de obras para relleno de lotes**

Los rellenos de lotes privados deben ser considerados como construcciones y por tanto contar con permiso de construcción tal como cualquier edificación. La comuna deberá verificar la pertinencia del relleno que se propone así como las condiciones del tipo de ROC a ser utilizado para el mismo.

#### **Habilitación de una planta de clasificación y fraccionamiento**

Esta instalación a ubicar en Felipe Cardoso, deberá contar con la habilitación respectiva.

### **Habilitación de escombreras**

Si bien las escombreras podrían surgir por iniciativa privada, será necesario que las Intendencias, asumiendo la función de responsabilidad operativa, aseguren la existencia de al menos una de ellas en todo el AMM, de forma que siempre exista una escombrera en servicio para los residuos que deben ser dispuestos en esta infraestructura. Esta habilitación, requerirá, entre otras condiciones, la Autorización Ambiental Previa por parte de la DINAMA.

## **5.8 Marco Normativo**

Se propone que la regulación del sistema de los ROC se realice a través de normativa municipal con adaptación, de acuerdo a la realidad local, de la reglamentación que a nivel nacional, realice la DINAMA. La IMM deberá realizar algunas modificaciones a la Resolución 1501/02, mientras que las IMC e IMSJ deberán expedir sus reglamentaciones.,

Adicionalmente se recomienda contar con un banco de datos para los ROC, gestionado por las oficinas en las que se tramitan los Permisos en cada Intendencia del AMM.

Con el fin de que los contratistas de las IMs utilicen los ROC, se recomienda introducir en los pliegos de condiciones, la obligación de indicar la ubicación y cantidades estimadas de los ROC y la forma en que se considera se realizará su disposición, de modo que puedan incluirse dentro de los costos de la oferta, así como indicar la posibilidad de que también se acepten materiales de construcción, reciclados si éstos cumplen con los estándares de calidad.

## 6 Plan de Acción de los ROC

En este capítulo se desarrolla las acciones necesarias para la implementación de las recomendaciones y su cronograma, junto con un Marco Lógico.

La estructura del capítulo es la siguiente:

- En primer lugar, se realiza una descripción de las acciones identificadas.
- Luego, se establece el cronograma de estas acciones desarrollado a lo largo de los 20 años de desarrollo del Plan Director.
- Siguen fichas descriptoras de las actividades más importantes.
- Finalmente se presenta el Marco Lógico correspondiente.

### 6.1 Descripción de las acciones

Se puede identificar tres grandes grupos de acciones necesarias:

- Refuerzo institucional y legal, con su necesario control.
- El soporte para realizar la infraestructura necesaria, y la planificación por parte de las intendencias del AMM.
- Actividades a realizar por los otros actores del sistema (generadores, técnicos responsables, transportistas y operadores de reciclaje, aprovechamiento, tratamiento y disposición final).

El siguiente texto explica y enfatiza las acciones propuestas por el Consultor tomando en cuenta la información ya expuesta en los capítulos anteriores.

#### 6.1.1 Refuerzo institucional y legal

El refuerzo institucional y legal tiene como fin asegurar el funcionamiento institucional adecuado del sistema a través de un marco normativo, así como reforzar los organizamos en cuanto a su capacidad de gestión en este tema.

Se identifican los siguientes componentes y acciones necesarias:

- Elaboración y implementación de reglamentos departamentales referentes a la gestión de ROC
- Adecuación de las unidades para permisos de construcción y drenaje urbano
- Actividades de control
- Planificación estratégica y monitoreo del sistema de los ROC

##### 6.1.1.1 Reglamentos departamentales referentes a la gestión

Se elaborará la reglamentación correspondiente a la gestión de ROC. Para esto las intendencias, juntas, podrían elaborar un reglamento tipo que, una vez listo, cada departamento ajustará a sus necesidades.

### **6.1.1.2 Adecuación de las unidades para permisos y control**

- Las actividades de fortalecimiento estarán dirigidas a las unidades pertenecientes a las intendencias, responsables de los permisos de construcción y del drenaje urbano,
- Fortalecimiento de la unidad responsable para permisos de construcción
  - Reforzamiento de la capacidad de acción.
    - Se considera la incorporación de nuevo personal y la adquisición de los útiles de funcionamiento necesarios
  - Capacitación de funcionarios involucrados en actividades relativas a trámites y control del sistema de ROC.
    - Se debería capacitar estos funcionarios especialmente en el nuevo tema de la gestión de residuos y la evaluación y aprobación de PGRs.
  - Desarrollo y mantenimiento de Bases de Datos de los lotes disponibles para rellenar.
    - Esta Base de Datos deberá contener información acerca de los sitios disponibles que tengan permiso para su relleno así como información sobre el material esperado.
  - Ejecución de las tareas asignadas y mantenimiento de la Base de Datos.
- Fortalecimiento de la unidad responsable de drenaje urbano
  - Refuerzo de la capacidad de acción
    - Se considera la incorporación de nuevo personal y la adquisición del equipo de funcionamiento necesario
  - Capacitación de funcionarios
  - Ejecución de las tareas asignadas.

### **6.1.1.3 Actividades de Control**

Se realizará el control de las actividades en base a los reglamentos indicados en el punto 6.1.1.1 y a los criterios establecidos en este apartado.

- Control de obras: Permisos de construcción, incluyendo la aprobación de los PGR.
  - Se implementa el procedimiento de PGRs incorporado a los trámites de los permisos de construcción.
- Registro de empresas de transporte y constructoras
- Control de lotes y pasivos ambientales
  - Además de los permisos para obras, se otorgarán permisos para rellenar lotes y pasivos ambientales

- Planta de fragmentación y escombreras
  - Los permisos para estas plantas serían otorgados por la misma unidad que otorga los de construcción. Sin embargo, estas plantas necesitan un control de operación, que sería tarea de la división Limpieza.

### **A Planificación estratégica y monitoreo del sistema de los ROC**

Para asegurar un desarrollo continuo y sostenible es necesario un monitoreo continuo de la gestión de los ROC y la realización en el PDRS. De los ajustes necesarios Sin embargo, en plazos regulares, se impone efectuar una actualización completa del PDRS.

- Monitorear el desarrollo de la gestión de residuos y procesamiento de datos
  - Las unidades de implementación del PDRS en las Intendencias deben monitorear continuamente el desarrollo en la gestión de los ROC. Eso incluye:
    - Monitorear las cantidades de ROC generadas y dispuestas.
    - Observar el desarrollo de la infraestructura.
    - Monitorear el cambio de los flujos de residuos en función del desarrollo de la construcción, actividades de reducción, reciclaje, aprovechamiento y eliminación.
    - Estudiar la evolución del sistema y ajustar la planificación.
  - Identificación de apartamientos de la situación objetivo y toma de medidas correctivas

#### **➤ Actualización del PDRS**

Con el monitoreo del desarrollo se ajustan las recomendaciones del PDRS a la realidad, basándose en el PDRS existente.

Sin embargo, cada 5 años, o cuando ocurran desviaciones de la situación prevista, se debe actualizar el PDRS.:

### **6.1.2 Infraestructura fomentada por las autoridades para el desarrollo del Plan**

La planificación estratégica de la gestión de ROC solamente puede ser realizada por las autoridades territoriales respectivas. Esta planificación debe enfocar su atención en asegurar la infraestructura necesaria para eliminar los residuos no reducidos, ni re-usados, reciclados o aprovechados, tomando en cuenta las actividades de generadores y operadores en el reciclaje y aprovechamiento.

Este PDRS es la primera fase de una planificación estratégica continua que debe asegurar y apoyar que la infraestructura a desarrollarse, sea suficiente para una gestión adecuada de todos los ROC generados en el AMM en corto, mediano y largo plazo.

En este capítulo se puede identificar las siguientes actividades:

- El cierre de vertederos no habilitados

- Como ha sido identificado en los estudios básicos, existen varios vertederos no habilitados que reciben ROC. Una de las primeras acciones a realizar, después la promulgación del reglamento de ROC, sería el cierre de estos sitios o, en caso de estar en condiciones de continuar, efectuar su correcta habilitación.
- Realizar campañas de divulgación e información relativas a la gestión futura de los ROC
  - Se sugiere informar a las empresas de construcción, transportistas y profesionales (técnicos responsables) sobre el tema del contenido del nuevo reglamento de ROC.
    - o Adicionalmente es necesario una campaña más amplia, para informar a todos los propietarios de lotes, acerca de la exigencia de que en un futuro el relleno de lotes va a requerir permiso de construcción.
- Obtención de los permisos de construcción de lotes y pasivos ambientales a rellenar
  - Estos permisos deberán ser gestionados por los propietarios estando también a su cargo el relleno de lotes y pasivos.
- Planificar, instalar y operar la planta piloto de fragmentación
  - La planta sería ubicada en el sitio de Felipe Cardoso, utilizando los ROC limpios que lleguen a este sitio.
- Autorización, construcción y operación de las escombreras
  - Estas acciones involucran la ubicación de escombreras por parte de las intendencias. Una vez ubicadas éstas se debería realizar en las intendencias el proceso interno para obtener el permiso para su instalación y operación.
- Medidas para la recepción de ROC en el SDF
  - Dentro de estas medidas se diferencian las relativas a la recepción de ROC sucios, (sin contaminantes peligrosos) de aquellas que se deberán aplicar para la recepción de ROC limpios a utilizar en caminería y cobertura.
- Fomento de la gestión adecuada de ROC
  - Aparte de la regulación y su adecuado control existen posibilidades de fomentar una adecuada gestión con tarifas en los SDFs. Como la exigencia es que todos los ROC sucios tengan que llegar a los SDF, la tarifa para recibir este tipo de residuo tiene influencia directa en su clasificación. Para desarrollar el sistema se proponen tarifas crecientes para ROC sucios, ajustadas cada dos años, partiendo de la Tarifa de RSU.

### **6.1.3 Actividades de los generadores y operadores de servicios**

El tercer grupo de acciones esta vinculado con las actividades a desarrollar por parte de generadores y demás actores del sistema de ROC.

- Actividades de los propietarios o técnico responsable
  - Tramitar el permiso de relleno de lotes y pasivos ambientales
  - Separar los RSU y los residuos peligrosos en la obra
    - o Estas actividades involucran el cambio de la gestión de los residuos en las obras. Se espera que se empiece a implementar y aplicar la clasificación de los ROC inmediatamente después la promulgación de los reglamentos.
- Registros de empresas transportistas y de empresas constructoras
  - Las empresas deben registrarse en los registros departamentales. Se recomienda una renovación de los registros cada 5 años.
- Elaboración de los PGRs por parte de los operadores de las instalaciones
- Desarrollo de estándares de reciclaje de ROC como material utilizable para la construcción
  - Se recomienda el establecimiento de un grupo de trabajo con representantes de los constructores, el MVOTMA-DINAVI y las Intendencias.
- Construcción de instalaciones de clasificación
- Es posible, que una empresa privada instale una planta de clasificación de ROC, para ofrecer servicios de clasificación de ROC sucios. Esto depende mucho del grado de aceptación de la exigencia de clasificación en obra, o si los constructores prefieren una clasificación de ROC sucios en planta.
- Construcción de instalaciones de fragmentación o trituración
  - Es una potencial actividad en el futuro lejano. Dependiendo de los resultados del grupo de trabajo para los estándares de materiales de construcción y del desarrollo del mercado, podría ser que una empresa constructora instale una planta adicional de fragmentación o trituración

## 6.2 Cronograma del plan de acción y marco lógico

En el siguiente cuadro se presenta el plan de acción propuesto por el Consultor para instrumentación de las medidas sugeridas respecto a los ROC. Seguidamente se presenta el Marco Lógico correspondiente.

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
 PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
 Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

Figura 6-1: Plan de Acciones de ROC

No.	Acción	Responsable	año																								
			05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
<b>1</b>	<b>Subobjetivo 1: Reforzamiento institucional y legal</b>																										
1.	Reglamentos departamentales referente a la gestión	IMs	■	■																							
2.	Adecuación de las unidades para permisos y control																										
2.1	Reforzamiento de la unidad responsable para permisos de construcción																										
2.1.1	Reforzamiento de la capacidad de acción	IMs		■	■																						
2.1.2	Capacitación de funcionarios	IMs		■	■																						
2.1.3	Desarrollo y mantenimiento de una base de datos los sitios disponibles para su relleno	IMs		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
2.1.4	Ejecución de las tareas asignadas y mantenimiento de la base de datos	IMs		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
2.2	Reforzamiento de la unidad responsable de drenaje urbano																										
2.2.1	Reforzamiento de la capacidad de acción	IMs		■	■																						
2.2.2	Capacitación de los funcionarios	IMs		■	■																						
2.2.3	Ejecución de las tareas asignadas	IMs		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.	Actividades de control																										
3.1	Control de Obras																										
3.1.1	Permisos de construcción, incluyendo PGRs	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.1.2	Inspecciones	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.2	Registro de empresas transportistas y empresas constructoras	IMs		■	■						■	■					■	■				■	■				
3.3	Lotes y pasivos ambientales																										
3.3.1	Tramites de permisos de construcción	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.3.2	Inspecciones	IMs			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■		
3.4	Plantas de fragmentación y escombreras																										
3.4.1	Permisos de construcción y habilitación del PGR	IMs			■			■					■				■					■					
3.4.2	Inspección de la operación en concordancia con lo declarado	IMs			■			■					■				■					■					
3.4.3	Verificar cumplimiento de nivel mínimo ambiental exigido	DINAMA			■			■					■				■					■					
4.	Planificación estratégica y monitoreo del sistema de los ROC																										
4.1	Monitoreo y procesamiento de datos																										
4.1.1	Estudio de cantidades generadas y tratadas y de la evolución del sistema	IMs					■			■			■			■			■			■					
4.1.1	Identificación de apartamientos de la situación objetivo y toma de medidas correctivas	IMs					■			■			■			■			■			■					
4.2	Actualización del PDRS	IMs							■	■					■	■					■	■					

■ Fase planificación/construcción ■ Operación o realización de la acción

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

No.	Acción	Responsable	año																								
			05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25				
<b>2 Subobjetivo 2: Medidas e infraestructuras para el desarrollo del plan</b>																											
1.	Cierre de vertederos no habilitados	IMs																									
2.	Campañas de divulgación e información relativo a la gestión futura de ROC	ImS																									
3.	Lotes y pasivos ambientales																										
3.1	Permiso de construcción	Proprietarios/IMs																									
3.2	Relleno de los lotes y pasivos	Proprietarios																									
4.	Planta piloto de fragmentación																										
4.1	Planificación e instalación	IMM																									
4.2	Operación de la planta	IMM																									
5.	Escombreras																										
5.1	Definición de ubicación	IMs																									
5.2	Permiso de funcionamiento e implementación	IMs																									
5.3	Operación	IMs																									
6.	SDF																										
6.1	Recepción de ROC sucio (sin contaminantes peligrosos)	Operador																									
6.2	Recepción de ROC limpio e inerte para caminería y cobertura	Operador																									
7.	Fomento de la gestión adecuada																										
7.1	Política de tarifas en forma creciente para ROC sucios transportados a los SDF	IMs / Operador																									
<b>3 Subobjetivo 3: Actividades por los generadores y los proveedores de servicios</b>																											
1.	Generador, técnico responsable																										
1.1	Trámite para el permiso de relleno de lotes y pasivos ambientales	IMs																									
1.2	Separación de RSU y residuos peligrosos en obra	Generadores																									
2.	Transporte y Constructores																										
2.1	Registro de los transportistas	Transportista																									
2.2	Registro de los constructores	Constructores																									
3.	Elaboración de PGRs por parte de los operadores de las instalaciones	Operadores																									
4.	Desarrollo de estándares de reciclaje de ROC como material utilizable para la construcción	Industria, DINAMA, IMs																									
5.	Construcción de instalaciones de clasificación (depende de iniciativa privada)	Privados																									
6.	Construcción de instalaciones de fragmentación o trituración (depende de iniciativa privada)	Privados																									

■ Fase planificación/construcción    
 ■ Operación o realización de la acción

## 6.3 Fichas de actividades

### Ficha ROC 1:

<b>Identificación</b>	
Subobjetivo 1: Fortalecimiento institucional y legal	
<b>A. Acción</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar un marco normativo para asegurar el funcionamiento institucional adecuado del sistema</li> <li>• Reforzar los organismos responsables, en la capacidad de gestión para el manejo de los ROC .</li> <li>• Control del sistema.</li> </ul>	
<b>B. Inicio</b>	<b>C. Duración</b>
2005	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reglamentación: hasta mitad del 2006</li> <li>• Refuerzo: hasta mitad del 2007</li> <li>• Seguimiento: permanente</li> </ul>
<b>D. Ente Responsable</b>	<b>E. Otros actores involucrados</b>
IMs	DINAMA
<b>F. Prerrequisitos de la acción</b>	<b>G. Acciones posteriores</b>
Decisión de actuar en los ROC	Control permanente
<b>H. Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adecuar la reglamentación existente (Resolución 1501/01 en IMM) y desarrollar nuevos reglamentos en los otros departamentos. Culminado a mediados del 2006.</li> <li>• Reforzar la capacidad de los organismos responsables. Culminado a Medios del 2007.</li> <li>• Tener disponible un sistema de permisos para el lleno de lotes y la protección de pasivos ambientales hasta el 2007.</li> <li>• Actualizar el PDRS cada 5 años.</li> </ul>	
<b>I. Descripción de la acción</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de reglamentos departamentales</li> <li>• Refuerzo de entes responsables</li> <li>• Capacitación de funcionarios</li> <li>• Seguimiento de las acciones del sector privado</li> <li>• Planificación estratégica y monitoreo del sistema</li> <li>• Actualización regular del PDRS</li> </ul>	
<b>J. Costos</b>	
n.a.	

**Ficha ROC 2:**

<p><b>Identificación</b>                  Subobjetivo 2: Medidas e infraestructuras para desarrollo del plan por parte de las IMs</p>	
<p><b>A. Acción</b>                  Implementar las instalaciones necesarias en cumplimiento de los estándares exigidos.</p>	
<p><b>B. Inicio</b>                  Inmediato para el caso de los SDFs                  Segundo semestre 2006</p>	<p><b>C. Duración</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Implementación de instalaciones hasta el segundo semestre del 2007</li> <li>• Operación permanente de escombreras y del SDF.</li> </ul>
<p><b>D. Ente Responsable</b>                  IMs</p>	<p><b>E. Otros actores involucrados</b>                  Propietarios de lotes , operador de SDF</p>
<p><b>F. Prerrequisitos de la acción</b>                  Existencia de una reglamentación</p>	<p><b>G. Acciones posteriores</b>                  n.a.</p>
<p><b>H. Metas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tener cerrados los vertederos no habilitados en el año 2008.</li> <li>• Tener operativo un sistema de permisos para utilización de lotes para disposición de ROC.</li> <li>• Tener en operación permanente al menos una escombrera en el AMM.</li> </ul>	
<p><b>I. Descripción de la acción</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerrar vertederos no habilitados.</li> <li>• Realizar campañas de divulgación para adecuado manejo de escombros.</li> <li>• Rellenar lotes y pasivos ambientales solamente con permisos.</li> <li>• Definir la ubicación de escombreras, de acuerdo con el ordenamiento territorial</li> <li>• Planificar, construir y operar escombreras.</li> <li>• Implementar una política de tarifas crecientes para la disposición de ROC sucio en los SDF.</li> </ul>	
<p><b>J. Costos</b>                  n.a.</p>	

**Ficha ROC 3:**

<b>Identificación</b> Subobjetivo 2: Infraestructura para desarrollo del plan por parte de las IMs	
<b>K. Acción</b> Implementar la Planta piloto para fragmentación.	
<b>L. Inicio</b> Segundo semestre 2006	<b>M. Duración</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Implementación de instalaciones hasta el segundo semestre del 2007</li> <li>Operación mientras se obtienen resultados que permitan tomar decisiones sobre futuras plantas.</li> </ul>
<b>N. Ente Responsable</b> IMM	<b>O. Otros actores involucrados</b> Operador de Planta piloto en Felipe Cardoso
<b>P. Prerrequisitos de la acción</b> Existencia de una reglamentación	<b>Q. Acciones posteriores</b> n.a.
<b>R. Metas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tener en operación la planta de fragmentación en el segundo semestre del 2007</li> </ul>	
<b>S. Descripción de la acción</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar campañas de divulgación.</li> <li>Planificar, construir y operar una planta piloto de fragmentación</li> </ul>	
<b>T. Costos</b> Inversión: \$ US 150.000 Operación: \$ US 5.87/m <sup>3</sup>	

**Ficha ROC 4:**

<b>Identificación</b>	
Subobjetivo 3: Actividades de los generadores y proveedores de servicios	
<b>A. Acción</b>	
Actividades para realizar una gestión de ROC más eficiente y ambientalmente adecuada	
<b>B. Inicio</b>	<b>C. Duración</b>
2006	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tramites permanentes para permisos de disposición de ROC</li> </ul>
<b>D. Ente Responsable</b>	<b>E. Otros actores involucrados</b>
Proveedores de servicios, generadores	IMs, DINAMA
<b>F. Prerrequisitos de la acción</b>	<b>G. Acciones posteriores</b>
Existe reglamentación de ROC Se tiene operativo el trámite de permisos Tener resultados de la planta piloto de fragmentación.	n.a.
<b>H. Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>A partir de 2007 se realiza la separación de ROC en la obra.</li> <li>A partir del segundo semestre del 2006 se registran los proveedores de servicios y los transportistas en el sector de ROC</li> <li>Se desarrolla estándares de calidad de productos de ROC a partir del 2015</li> </ul>	
<b>I. Descripción de la acción</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Realizar trámites para permisos de disposición de ROC.</li> <li>Separar ROC en la fuente en RSU, Residuos peligrosos y ROC limpios.</li> <li>Inscribirse en los registros de operadores y transportistas.</li> <li>Elaborar estándares para el reciclaje de ROC.</li> <li></li> </ul>	
<b>U. Costos</b>	
n.a.	

**Ficha ROC 5:**

<b>Identificación</b>	
Subobjetivo 3: Actividades de los generadores y proveedores de servicios	
<b>J. Acción</b>	
Implementar instalaciones para fragmentación trituración, y/o calificación de ROC.	
<b>K. Inicio</b>	<b>L. Duración</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de instalaciones durante 2008 y 2018, sujeto a resultados de la planta piloto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permanente</li> </ul>
<b>M. Ente Responsable</b>	<b>N. Otros actores involucrados</b>
Proveedores de servicios,	IMs, DINAMA
<b>O. Prerrequisitos de la acción</b>	<b>P. Acciones posteriores</b>
Existe reglamentación de ROC Tener resultados de la planta piloto de fragmentación.	n.a.
<b>Q. Metas</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se desarrolla estándares de calidad de productos de ROC a partir del 2015</li> </ul>	
<b>R. Descripción de la acción</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Separar ROC en la fuente en RSU, Residuos peligrosos y ROC limpios.</li> <li>• Elaborar estándares para el reciclaje de ROC.</li> <li>• Construir y operar instalaciones para fragmentación, trituración y/o clasificación de ROC</li> </ul>	
<b>V. Costos</b>	
n.a.	

**Tabla 6-1: Marco lógico para los ROC**

	<b>Indicadores<sup>5</sup> / Información</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos (s) y riesgos (r)</b>
<b>Fin:</b> Asegurar una gestión adecuada y ambientalmente sostenible de Residuos de Obras Civiles en el Área Metropolitana			
<b>Subobjetivo 1: Reforzamiento institucional y legal</b>			
<b>Fin:</b> Asegurar el funcionamiento institucional adecuado del sistema a través de un marco normativo, así como reforzar los organizamos en la capacidad de gestión en este tema.			
<b>Propósito:</b> Adecuar la reglamentación existente (Resolución 1501/01 en IMM) y desarrollar nuevos reglamentos en los otros departamentos. Reforzar la capacidad de los organismos responsables para los permisos de construcción y drenaje de aguas de forma que puedan ejercer las funciones previstas en las reglamentaciones establecidas.	Aprobación de normas departamentales Programa de refuerzo en las instituciones Ejecución de actividades de control Creación de una Base de Datos de lotes habilitados para relleno	Publicación de las resoluciones departamentales Recursos humanos adicionales disponibles y capacitados Gestión de ROC integrada al sistema de permisos de construcción	(r) No se dé importancia a la regulación de los escombros. (r) No se realicen los refuerzos necesarios. (r) Capacitación del personal que luego no permanezca. (r) Controles ineficientes y/o insuficientes
<b>Componentes y actividades</b>			
1 Reglamentos departamentales referentes a la gestión	Se elabora la reglamentación correspondiente	Publicación de reglamentación	(r) No se aprueben las reglamentaciones propuesta
2 Adecuación de las unidades para permisos y control			(s) Resoluciones departamentales promulgadas
2.1 Refuerzo de la unidad responsable para permisos de construcción			

<sup>5</sup> Indicadores de eficacia, calidad, eficiencia, económicos

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

	<b>Indicadores<sup>5</sup> / Información</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos (s) y riesgos (r)</b>
2.1.1 Refuerzo de la capacidad de acción	Incorporación de nuevo personal Adquisición de equipamiento necesario para funcionar	Contratos de personal incorporado Constatación de inversiones realizadas	(r) No se realicen las modificaciones necesarias (r) La infraestructura necesaria se asigne a otra función
2.1.2 Capacitación de funcionarios	Número de cursos dados y número de funcionarios capacitados	Verificación de asistencias y pruebas de suficiencia	(r) Capacitación de personal que luego no permanece
2.1.3 Desarrollo y mantenimiento de una Base de Datos de sitios disponibles para su relleno	Introducción de la información en la Base de Datos Frecuencia de utilización de la Base de Datos	Información de sitios disponibles y con permiso de relleno Información del material esperado	(r) La infraestructura incorporada se asigne a otra función
2.1.4 Ejecución de las tareas asignadas y mantenimiento de la base de datos	Establecimiento de objetivos de funcionamiento. Número de objetivos cumplidos	Informes anuales de gestión de ROC	(r) Ineficiencias en el mejoramiento funcional de la unidad
2.2 Refuerzo de la unidad responsable de drenaje urbano			
2.2.1 Refuerzo de la capacidad de acción	Incorporación de nuevo personal Adquisición del equipamiento necesario para funcionar	Contratos de personal incorporado Constatación de inversiones realizadas	(r) No se realicen las modificaciones necesarias
2.2.2 Capacitación de los funcionarios	Número de cursos dados y número de funcionarios capacitados	Verificación de asistencias y pruebas de suficiencia	(r) Capacitación de personal que luego no permanece

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

	<b>Indicadores<sup>5</sup> / Información</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos (s) y riesgos (r)</b>
2.2.3 Ejecución de las tareas asignadas	Establecimiento de objetivos de funcionamiento. Número de objetivo cumplidos	Informes anuales de gestión de ROC	(r) Ineficiencias en el mejoramiento funcional de la unidad
3 Actividades de control			(s) Resoluciones departamentales promulgadas (r) Poca valorización del tema residuos en el trámite de las construcciones
3.1 Control de Obras			
3.1.1 Permisos de construcción, incluyendo PGRs	El procedimiento de PGRs, incorporado en los trámites del permiso de construcción es implementado	Permisos otorgados solamente con PGRs	(r) Resistencia a integrar trabajo adicional en las unidades otorgantes del permiso de construcción (r) Demoras adicionales en los tramites de permisos de construcción
3.1.2 Inspecciones	Número de sitios inspeccionados Montos de sanciones aplicadas y cobradas	Registro de inspecciones	(r) Decaiga la capacidad de control con el tiempo
3.2 Registro de las empresas de transporte y empresas constructoras	Número de empresas registradas	Registro existente en cada intendencia	(r) Funcionamiento de empresas sin registro
3.3 Lotes y pasivos ambientales			

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

	<b>Indicadores<sup>5</sup> / Información</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos (s) y riesgos (r)</b>
3.3.1 Trámites de permisos de construcción	Permisos otorgados Número de permisos otorgados cada año.	Permisos escritos	(r) Relleno de sitios sin permisos de construcción (r) No se reconozcan las resoluciones departamentales
3.3.2 Inspecciones	Número de inspecciones realizadas	Registro de inspecciones	(r) No se reconozcan las resoluciones departamentales
3.4 Plantas de fragmentación y escombreras			
3.4.1 Permisos de construcción y aprobación del PGR	Permisos habilitados para la planta piloto y las escombreras	Planta funcionando PGRs aprobados	
3.4.2 Inspección de la operación en concordancia con lo declarado en los PGRs	Número de inspecciones realizadas	Registro de inspecciones	(r) Que decaiga la capacidad de control con el tiempo
3.4.3 Verificar cumplimiento de nivel mínimo ambiental exigido	Número de controles sorpresivos Monto de sanciones aplicadas y cobradas	Registro de inspecciones Resoluciones de sanciones	(r) Plantas de gestión funcionando inadecuadamente
4 Planificación estratégica y monitoreo del sistema de los ROC			(s) Resoluciones departamentales promulgadas
4.1 Monitoreo			
4.1.1 Estudio de cantidades generadas y tratadas y estudio de la evolución del sistema	Procesamiento de información Elaboración de indicadores Gráficos de evolución	Datos de los PGRs de inspecciones, y de las plantas de gestión	(r) Dificultades para obtener y procesar la información

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
 PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
 Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

	<b>Indicadores<sup>5</sup> / Información</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos (s) y riesgos (r)</b>
4.1.2 Identificación de apartamentos de la situación objetivo y toma de medidas correctivas	Apartamentos identificados y medidas adoptadas	Registros de medidas PDRS ajustado	(r) No se adopten medidas correctivas (r) No se realice un monitoreo
4.2 Actualización del PDRS	Propuesta de readecuación	Medidas adoptadas	(r) Obsolescencia del funcionamiento del sistema

	Indicadores <sup>5</sup> / Información	Medios de verificación	Supuestos (s) y riesgos (r)
<b>Subobjetivo 2: Medidas e infraestructuras para desarrollo del plan por parte de las IMs</b>			
<b>Fin:</b> Contar con instalaciones necesarias en cumplimiento con los estándares exigidos.			
<b>Propósito:</b> Facilitar, inducir y controlar la construcción de la infraestructura necesaria para el funcionamiento del sistema de los ROC	Construcción de las unidades requeridas	Instalaciones existentes Inspección de las instalaciones Informes de operación de plantas	(s)Resoluciones departamentales promulgadas (r) Problemas burocráticos o faltas de decisión que dificulte la construcción de instalaciones
<b>Componentes y actividades</b>			
1. Cierre de vertederos no habilitados	Inexistencia de vertederos informales	Registro de vertederos cerrados Inspecciones	(r) Resistencia al cierre de los sitios por personas involucradas y beneficiarios de la existencia
2. Campañas de divulgación e información relativo a la gestión futura de ROC	Materiales para las campañas preparados Campañas en marcha	Evidencia de campañas en los medios de prensa	(r) escasos recursos
3. Lotes y pasivos ambientales			(s)Reglamentaciones específicas aprobadas
3.1 Permiso de construcción	Permisos otorgados	Permiso escrito	(r) Funcionamiento de soluciones no adecuadas
3.2 Relleno de los lotes y pasivos	Actividades de relleno de lotes con permiso en marcha	Documento de final de obra	(r) No puedan concretarse certificaciones
4. Planta piloto de fragmentación			(s)Reglamentaciones específicas aprobadas

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

	<b>Indicadores<sup>5</sup> / Información</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos (s) y riesgos (r)</b>
4.1 Planificación e instalación			(r) Resistencia contra la planta
4.2 Operación de la planta	Planta operando	Inspección a la instalación	(r) No se encuentre mercado para los productos
5. Escombreras			(s)Reglamentaciones específicas aprobadas
5.1 Definición de su ubicación	Alternativas de localización existente	Mapas de localización	
5.2 Permiso de funcionamiento e implementación	Permisos otorgados Instalaciones implementadas	Permiso escrito Inicio de operación	
5.3 Operación	Escombreras operando	Inspección a la instalación	
6. SDF			(s)Reglamentaciones específicas aprobadas
6.1 Recepción de ROC sucio (sin contaminantes peligrosos)	Recepción de ROC sucio previo pago de una tarifa	ROC llegando Registros de la balanza	(r) Vertidos ilegales en sitios no habilitados, dado al costo alto
6.2 Recepción de ROC limpios para caminería y cobertura	Recepción de ROC sin tarifa	ROC llegando Registros de la balanza	(r) Gran distancia al futuro SDF en el Parque Ambiental
7. Fomento de la gestión adecuada			(s)Reglamentaciones específicas aprobadas
7.1 Política de tarifas en forma crecientes para ROC sucios llevados a los SDF	Tarifas en los SDF tienen una sobre tarifa, creciente en el tiempo	Resoluciones de tarifas	(r) Vertidos ilegales en sitios no habilitados, dado al costo alto

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

	Indicadores <sup>5</sup> / Información	Medios de verificación	Supuestos (s) y riesgos (r)
<b>Subobjetivo 3: Actividades de los generadores y proveedores de servicios</b>			
<b>Fin:</b> Contar con una gestión de ROC más eficiente			
<b>Propósito:</b> Lograr la reorganización de actividades de actores operativos en la realización de una gestión, económica y ambiental adecuada	Normas vigentes de regulación de sistema Empresas habilitadas PGR aprobados	Publicación de normas Actas de inspecciones Resoluciones de habilitación de empresas y PGR aprobados	(r) Controles ineficientes e insuficientes (r) Problemas burocráticos o faltas de decisión que dificulten la construcción de instalaciones (r) Baja participación del sector privado
<b>Componentes y actividades</b>			
1. Generador, técnico responsable			
1.1 Tramite para el permiso de relleno de lotes y pasivos ambientales	Documentos presentados ante la unidad de permisos de construcción	Aprobación de las aplicaciones	(s)Reglamentaciones específicas aprobadas (r) Recursos humanos y materiales insuficientemente asignados para realizar las aprobaciones (r) Insuficiente difusión de la normativa
1.2 Separación de RSU y residuos peligrosos en obra	Recipientes distintos en la obra Generación de ROC sucio versus limpio	Recipientes visibles y etiquetados Cantidades de ROC sucio llegando a los SDF	(s)Reglamentaciones específicas aprobadas (s) Resistencia a la separación en obra y demás exigencias
2. Transporte			

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
 PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
 Tomo IV: Residuos de Obras Civiles

	<b>Indicadores<sup>5</sup> / Información</b>	<b>Medios de verificación</b>	<b>Supuestos (s) y riesgos (r)</b>
2.1 Registro de los transportistas	Porcentaje y número de transportistas registrados	Registro disponible	(r) Se presenten pocas empresas a realizar el servicio
2.2 Registro de los constructores	Porcentaje y número de constructores registrados	Registro disponible	(r) Las empresas no presenten guías o no las cumplan
3. Elaboración de PGRs por parte de los operadores de las instalaciones	PGRs entregados para su aprobación	PGRs aprobados	
4. Desarrollo de estándares de reciclaje de ROC como material utilizable para la construcción	Grupo de trabajo existente Definición de estándares	Actas de reunión	(r) Falta de coordinación de este tipo de grupo de trabajo
5. Construcción de instalaciones de clasificación (depende de iniciativa privada)	Trámites realizados para las plantas Plantas en funcionamiento	Plantas operando	(s) Estándares para materiales reciclados existentes (s) Exista demanda del mercado
6. Construcción de instalaciones de fragmentación o trituración (depende de iniciativa privada)	Trámites realizados para las plantas Plantas en funcionamiento	Plantas operando	(s) Estándares para materiales reciclados existentes (s) Exista demanda del mercado



## Bibliografía

- L. F. Díaz, G. M. Savage y J. M. Ortellado, *“El manejo de Residuos de Construcción y Demolición”*, CEPIS – OPS
- Technical Paper – An Estimation of Construction and Demolition Debris in Seoul, Korea: *Waste Amount Type and Estimating Model* Seongwon Seo – Yongwoo Hwang
- Monografía sobre Residuos de Construcción y Demolición del País Vasco
- *Programa de gestión de residuos de la construcción de Cataluña* (2001-2006) Generalitat de Catalunya - Departament de Medi Ambient - Junta de Residuos
- *Manual de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos* - CEMPRE
- BOE N° 166 – *Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición* (PNRCD) 2001 – 2006
- *Catálogo de Residuos utilizables en la Construcción* Ministerio de Medio Ambiente – Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental (España)
- *Jornada sobre residuos de construcción y demolición* – Menorca Confederación Nacional de la Construcción
- *Proposta de model d'ordenança municipal per a la gestió dels residus de la construcció*
- *Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos* para Bogotá, D.C. Fichtner – Cydep 2000.



## Glosario

Actores	Se entiende por actor, a cualquier persona física o jurídica o conjunto de estas, que forman parte de un sistema de residuos
Almacenamiento	Operación de depositar temporalmente los residuos previamente a su recolección, reciclaje, valoración energética o eliminación
Almacenamiento transitorio	Sitio donde se realiza el almacenamiento de los residuos en forma segura a la espera de su transporte para un tratamiento, valoración o eliminación
Aprovechamiento	Valorización de un residuo sin que medie ningún tratamiento
Camión abierto	Camión con caja abierta
Clasificación	Operación que consiste en discriminar los residuos en distintos tipos, ya sea para su reutilización, reciclaje o valoración energética o para proceder a una eliminación diferenciada
Compactación	Proceso por medio del cual se aumenta la densidad de los residuos con el fin de lograr una mayor eficiencia en el almacenamiento, recolección, transporte y disposición final
Contaminación	Presencia de cualquier sustancia o energía o cualquier alteración física o química de un vector ambiental (agua, aire o suelo) o combinación de éstos, que pueda generar efectos adversos a la salud y bienestar humano, así como a la utilización de los recursos naturales
Desecho	Ver residuo
Disposición final	Eliminación de residuos consistente en disponer y confinar los residuos sólidos en forma definitiva o bajo tierra, bajo cierta tecnología y seguridad operativa
Eliminación	Operación dirigida al vertido de los residuos o bien a su destrucción total o parcial. La eliminación puede requerir o no un tratamiento previo de los residuos
Escombro	Residuo sólido compuesto de material pétreo generado en un proceso de construcción o de demolición, que en condiciones naturales ni se expande, ni contrae, tales como piedras, áridos, ladrillos, bloques, etc.
Generador	Cualquier persona física o jurídica cuya actividad produzca algún tipo de residuo sólido
Gestión de residuos sólidos	Modalidad que realiza una institución o un conjunto de instituciones con el objetivo de ejecutar o hacer que se ejecuten una serie de actividades necesarias para el manejo integral de los residuos sólidos. Se incluyen en éstas las políticas de gestión, recolección y tratamiento y el establecimiento de objetivos y metas, las actividades de planificación, ejecución, regulación y control.

Gran generador	Generador que, por el volumen de residuos que genera, debe tener una consideración especial en la recolección, transporte y eliminación de sus residuos.
Lixiviado	Líquido proveniente de los residuos, el cual se forma por reacción, arrastre o percolación de agua pluvial y que contiene, disueltos o en suspensión, componentes que se encuentran en los mismos residuos.
Manejo integral de residuos sólidos	Conjunto de las operaciones relativas a la recolección, clasificación, almacenamiento, transporte y eliminación de los residuos, incluyendo las prácticas de reducción, reutilización, reciclaje y valorización energética de los mismos.
Pequeño generador	Cualquier generador que produzca un pequeño volumen de residuos.
Recolección	Operación que consiste en recoger y acondicionar los residuos para su transporte.
Reducción	Operación o conjunto de operaciones que se realizan a fin de evitar la generación de residuos o para conseguir su disminución, o la disminución de la cantidad de sustancias peligrosas o contaminantes presentes en ellos.
Relleno sanitario	Sitio de disposición final para residuos sólidos urbanos o asimilables a estos que cuenta con una infraestructura determinada donde se realizan una serie de operaciones que permiten minimizar los riesgos a la salud y los impactos ambientales negativos.
Residuo	Toda sustancia o material móvil de los cuales el poseedor se deshace, se quiere deshacer, o de los cuales está obligado a deshacerse por razones normativas.
Residuo peligroso	Residuo que reviste características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radioactivas, cancerígenas, teratogénicas o mutagénicas, que pueda causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental. También se considera residuo peligroso a los empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos
Residuo sólido de Obras Civiles (ROC)	Residuo sólido que se genera durante la construcción, demolición, acondicionamiento o mantenimiento de cualquier obra civil. Incluye los excedentes de las excavaciones.
Residuo sólido urbano (RSU)	Cualquier residuo clasificado como residuo sólido domiciliario, comercial o público u otros como ser: Residuo procedente de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas * Animales domésticos muertos, así como muebles, enseres. * Residuo o escombro procedente de obras muy menores de construcción y reparación domiciliaria.

Residuos sólido asimilable a urbano	Residuo que, no pudiendo clasificarse por su origen como RSU, puede ser recolectado, transportado o eliminado conjuntamente con éstos
Sistema	Se entiende por sistema de residuo al conjunto de las personas y organizaciones que intervienen en todo el proceso de generación, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos, así como las relaciones que los mismos establecen y las actividades que desempeñan.
Sitio de Disposición final (SDF)	Emplazamiento formal donde se realiza la disposición final de un residuo.
Sitio de disposición final clandestino	Emplazamiento informal o clandestino donde se realiza la disposición final de algún tipo de residuo.
Transporte	Operación de movimiento de sólidos desde un sitio a cualquier otro sitio.
Tratamiento	Cualquier proceso físico, térmico, químico o biológico, o conjunto de éstos, que cambian las características de los residuos, para reducir su volumen, su peligrosidad o para facilitar su manipulación o incrementar su valor.
Valorización	Cualquier operación que permita la utilización o reciclaje de material o energía contenida en los residuos sin poner en peligro la salud humana y sin utilizar métodos que puedan causar impactos ambientales nocivos. Se incluyen todas las operaciones de reciclaje y de valoración energética.
Vertedero	Sitio de disposición final donde los residuos sólidos se vierten a cielo abierto, sin impermeabilización, sin planificación ni control y sin tratamiento de emisiones.
Volqueta	Recipiente metálico, intercambiable que se utiliza para el almacenamiento y transporte de residuos sólidos en un camión con equipo mecánico o hidráulico de izaje.



## Abreviaturas

AMM	Área Metropolitana de Montevideo
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
DIPRODE	Dirección de Proyectos de Desarrollo
EIA	Evaluación de Impacto Ambiental
hab	Habitantes
IMC	Intendencia Municipal de Canelones
IMM	Intendencia Municipal de Montevideo
IMSJ	Intendencia Municipal de San José
Kg	Kilogramo
Km	Kilómetro
l	Litro
LHA	Laboratorio de Higiene Ambiental
m	Metro
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
MVOTMA	Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente
OPP	Oficina de Planeamiento y Presupuesto
PDRS	Plan Director de Residuos Sólidos
RCD	Residuo de Construcción y Demolición
ROC	Residuo sólidos de Obras Civiles
RSD	Residuos Sólidos Domiciliarios
RSH	Residuos Sólidos Hospitalarios
RSI	Residuos Sólidos Industriales
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SDF	Sitio de Disposición Final
ton	Tonelada
US\$	Dólares Americanos



## Índice de Tablas

Tabla 1-1:	Residuos de obras civiles en Montevideo, Canelones y San José.....	6
Tabla 3-1:	Residuos de obras civiles en Montevideo, Canelones y San José.....	24
Tabla 3-2:	Residuos de obras civiles por tipo de residuo en el AMM.....	24
Tabla 3-3:	Resultados del análisis ambiental.....	28
Tabla 4-1:	Tipos de ROC, descripción, alternativas de utilización y posibles destinos .....	30
Tabla 4-2:	Costos de Fragmentación y Trituración .....	49
Tabla 4-3 :	Costos de inversión – Escombrera tipo .....	63
Tabla 4-4:	Costos de operación de la escombrera .....	63
Tabla 4-5:	Indicadores para monitorear la evolución del sistema.....	68
Tabla 4-6:	Comparación entre regular el sistema de los ROC a nivel nacional o departamental.....	73
Tabla 4-7:	Medidas de Mitigación.....	83
Tabla 6-1:	Marco lógico para los ROC.....	103

## Índice de Figuras

Figura 1-1:	Esquema del Plan Director.....	2
Figura 1-2:	Propuesta institucional de ROC .....	7
Figura 1-3:	Esquema de la propuesta técnica .....	10
Figura 1-4:	Plan de Acciones .....	12
Figura 2-1:	Estructura del Tomo de ROC.....	16
Figura 3-1:	Índices de generación de residuos de Obras Civiles .....	25
Figura 4-1:	Proceso de formación de material para reuso o reciclado.....	53
Figura 6-1:	Plan de Acciones de ROC.....	96





REPÚBLICA ORIENTAL DEL URUGUAY  
OFICINA DE PLANEAMIENTO Y PRESUPUESTO  
DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE DESARROLLO



**Plan Director**

**Noviembre 2005**

## **Anexo: Residuos de Obras Civiles**

# **Plan Director de Residuos Sólidos de Montevideo y Área Metropolitana**

**PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
TERCERA ETAPA SUBPROYECTO - B**



**FICHTNER**

A S O C I A C I O N



## Contenido

<b>1</b>	<b>ANEXO .....</b>	<b>3</b>
1.1	<i>ANÁLISIS DE LA FACTIBILIDAD ECONÓMICA DE LA TRITURACIÓN Y POSIBLES USOS DE RESIDUOS DE HORMIGÓN INTEGRANTES DE LOS ROC.....</i>	<i>3</i>

## 1 ANEXO

### 1.1 Análisis de la factibilidad económica de la trituración y posibles usos de residuos de hormigón integrantes de los ROC

A continuación se presentan los cálculos sobre el análisis de factibilidad de la producción de áridos artificiales por medio de la trituración, de residuos de hormigón.

#### Posibles usos

Los residuos de hormigón pueden ser utilizados para distintas finalidades. Teniendo en cuenta las mismas se les aplica un proceso de fragmentación o trituración hasta reducirlos a tamaños aptos para el uso a que estén destinados. Estos usos pueden ser:

- Usos en el sector vial, por ejemplo bases para pavimentos, las cuales deben tener un buen desempeño y en general un valor alto del CBR.
- usos para sustitución de suelos de muy mala calidad (para ello se destina habitualmente el material denominado “descarte de cantera” que contiene desde piedras de un tamaño similar al utilizado para hormigón ciclópeo, hasta materiales finos).
- usos en la construcción de drenes.
- usos en la fabricación de hormigones “pobres” o en hormigones ciclópeos
- usos en la fabricación de hormigones de calidad media
- uso en la prefabricación de bloques de hormigón para albañilería.

#### Caracterización de los residuos

Los escombros de hormigón que proceden de las demoliciones, presentan tamaños muy diversos dependiendo de los medios utilizados para la demolición y del tipo de estructura demolida.

Suelen tener impurezas y contaminantes (metales, vidrio, asfaltos, materia orgánica, etc). La composición química de los escombros depende fundamentalmente de los áridos utilizados, pues éstos son más del 75 % del volumen total del hormigón, siendo el resto de los componentes producto de la hidratación del cemento (silicatos y aluminatos cálcicos hidratados). A los efectos de su uso posterior y una vez eliminadas las impurezas, desde el punto de vista químico, se pueden considerar en todos los casos como residuos inertes.

#### Procesamiento

Se pueden diferenciar dos etapas básicas en el procesamiento de los residuos de hormigón: la demolición y la posterior transformación de los escombros en áridos útiles para algunos de los usos citados con anterioridad.

Si los escombros van a ser reciclados por medio de trituración, es necesario reducirlos a un tamaño tal que puedan ser aceptados por la trituradora primaria. Un proceso de demolición selectiva disminuye las impurezas y los costos del posterior procesamiento de los residuos. Las plantas de trituración son similares a las utilizadas para triturar el árido natural, pero con electroimanes para la separación del acero.

Las trituradoras pueden ser de mandíbula, de impacto o de conos. Para la granulometría que se utiliza en los hormigones la combinación más habitual es la primaria de mandíbula y la secundaria de conos.

Las plantas se clasifican en:

*De primera generación:* Carecen de elementos que puedan eliminar impurezas con excepción del acero que debe ser separado, por ejemplo con electroimanes.

*De segunda generación:* Cuentan con sistemas de eliminación de contaminantes, que actúan antes de la trituración. Ese proceso puede ser realizado por vía seca o por vía húmeda. La eliminación de impurezas por vía seca (el método más habitual), consiste en una primera eliminación manual de las impurezas de mayor tamaño, y posteriormente a la trituración, el tamizado y la separación de la fracción más fina, que es la que contiene la mayor parte de impurezas. En el proceso por vía húmeda, los escombros pasan por un sistema de lavado y los elementos ligeros, plásticos, madera, papel, etc. se separan por flotación.

*De tercera generación:* están dirigidas a la reutilización de prácticamente todos los materiales que consideramos como impurezas.

En el caso de que los escombros de hormigón sean utilizados como áridos para fabricación de nuevos hormigones, el Consultor estima que las plantas que pueden considerarse adecuadas en nuestro medio, (debido a la relativa cantidad disponible de escombros de hormigón), son las de segunda generación, en que la eliminación de impurezas se realiza por vía seca, a excepción del acero.

En el caso de que no se instale una planta de trituración, se puede optar por realizar sólo un proceso de clasificación y fragmentación. Por ejemplo, la clasificación en forma manual y la fragmentación utilizando un martillo neumático montado sobre una retroexcavadora hidráulica o una pesa montada en una grúa de cables. De esta forma podemos reducir los escombros a una granulometría similar al material conocido como "descarte de cantera" o como piedra para hormigones ciclópeos, complementando esta operación con la eliminación manual de las impurezas no deseadas. Esta operación es similar a la que se debe realizar para reducir los escombros a un tamaño que sea adecuado para la trituración primaria.

### **Experiencias sobre la utilización de áridos reciclados de hormigón**

El uso más común de estos áridos es en obras viales. Entre los posibles usos en la técnica vial, el más corriente es su empleo en bases y sub - bases no estabilizadas, las que requieren grandes cantidades de áridos. Las especificaciones de los distintos países en general exigen para este material las mismas condiciones que para los áridos naturales, con el agregado de que establecen un contenido mínimo de hormigón y máximo de impurezas. Cuando se utiliza en capas granulares sin tratar, (nos referimos a sin estabilizar con

cemento), se suele mezclar este material, que presenta muy pocos finos, con materiales granulares con un alto contenido de finos de mediana plasticidad, mejorando la trabajabilidad en el proceso de compactación y disminuyendo la permeabilidad. En Francia, por ejemplo, el 75% de la producción de reciclados de hormigón, se utiliza para estos fines. Otros posibles usos en las obras viales, son la construcción de drenes, bases estabilizadas y pavimento propiamente dicho.

Para la fabricación de hormigón, ya sea en masa o armado, pueden ser utilizados, los productos reciclados, siempre que cumplan ciertas condiciones, como por ejemplo las siguientes Recomendaciones del RILEM de 1994:

Exigencias	Valores límites	Norma a aplicar
Densidad seca mínima de las partículas	2,00	ISO 6783 – 7033
Máxima absorción de agua (%)	10	ISO 6783 – 7033
Máximo contenido de material de densidad menor de 2.200 (%)	10	ASTM C123
Máximo contenido de material de densidad menor de 1.800 (%)	1	ASTM C123
Máximo contenido de material de densidad menor de 1.000 (%)	0,5	ASTM C123
Máximo contenido de materiales extraños (%)	1	Visual
Máximo contenido de metales (%)	1	Visual
Máximo contenido de materia orgánica (%)	0,5	NEN 5933
Máximo contenido de finos (pasantes 0,063 mm) (%)	2	PrEN 933-1
Máximo contenido de arena (menor a 4 mm) (%)	5	PrEN 933-1
Máximo contenido de sulfatos (%)	1	BS812

Nota: Las densidades están expresadas en ton/m<sup>3</sup>.

Digamos que una de las diferencias más notables con los áridos naturales es la humedad de absorción que es mucho mayor para los áridos reciclados.

Cuando se sustituye el 100% del árido natural grueso, conservando la dosificación sin modificaciones, se puede esperar una reducción de la resistencia a la compresión que oscila entre el 10% y el 20%. El módulo de elasticidad muestra reducciones aún mayores que pueden llegar al 40%. La retracción y la fluencia aumentan en un porcentaje considerable. La porosidad es mayor, por lo que se debe tener especial cuidado con la carbonatación y el consecuente aumento del riesgo de corrosión de la armadura.

En Europa el porcentaje de residuos de hormigón reciclados para fabricar hormigón difiere entre los distintos países.

	Producción residuos hormigón	de % reciclado de de árido hormigón	para Reciclado por año ton / año
Holanda	6.930.000	40,0%	2.772.000
España	1.440.000	0,0%	0
Alemania	25.160.000	45,0%	11.322.000
Dinamarca	1.840.000	12,5%	230.000
Reino Unido	30.000.000	2,5%	750.000
Bélgica	3.990.000	16,0%	638.400
Francia	11.200.000	4,0%	448.000
Italia	7.000.000	4,0%	280.000

#### **Cantidad disponible de residuos conteniendo hormigón para su clasificación o para su trituración en el área metropolitana**

Del resultado de los Estudios Básicos se conoce que se disponen en el AMM 25.500 toneladas por año. Por la dispersión geográfica de la zona, desde ya se puede decir que una parte de ellos está lejos de los posibles centros de producción, por lo que el costo de transporte a dichos centros, dificulta la posibilidad económica de su procesamiento, siendo un destino económicamente lógico la utilización dentro de la zona de generación para rellenar canteras, terrenos bajos y usos similares.

Se deberá tener en cuenta al autorizar el uso de los residuos conteniendo hormigón, que éstos generalmente deben sufrir un proceso previo de fragmentación pues lo exige su posterior destino. A modo de ejemplo, podemos considerar el caso de grandes trozos de losas de pavimentos que se utilizan habitualmente para relleno de zonas bajas. Si luego se realizan construcciones en la zona, la presencia de estas losas trae graves dificultades al realizar las fundaciones, pues es muy probable que dichas fundaciones sean indirectas y la presencia de esas losas, insertas en el relleno, agrega una considerable dificultad al trabajo, encareciéndolo. Por otra parte, suelen invalidar el uso de las fundaciones directas por la heterogeneidad del material del relleno resultante. Este hecho se da hoy en día cuando se quiere construir, por ejemplo, en canteras con rellenos antiguos en la zona de La Teja.

#### **Generación de RCD por departamento y total del AMM**

<b>Años</b>	<b>Montevideo ton/año</b>	<b>Canelones ton/año</b>	<b>San José ton/año</b>	<b>Total AMM ton/año</b>
2003	65.720	11.762	232	77.714

De los datos anteriores podemos decir que el 85% de la generación de RCD se produce en Montevideo.

Con el porcentaje anterior y teniendo en cuenta la siguiente tabla de composición de los RCD podemos determinar la cantidad de RCD de hormigón que se generan en Montevideo.

### Composición de RCD

Material	Porcentaje (en peso)	Porcentaje según tipo de residuo (en peso)	Peso de RCD (en ton)
Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	43,20%	89,5% Inertes	33.572
Hormigón	32,80%		25.490
Arena, grava y otros áridos	13,50%		10.491
Madera	0,10%	10,0% No Peligrosos	78
Metales	1,00%		777
Residuos domiciliarios	4,70%		3.653
Otros (generalmente poda)	4,20%		3.264
Peligrosos	0,2% a 0,5%	0,2% a 0,5% Peligrosos	389
Total	100%	100%	77.714

La cantidad anual de RCD conteniendo hormigón generada en Montevideo es de 25.490 x 0,85 lo que da aproximadamente 21.600 toneladas.

A esta cantidad hay que agregarle la cantidad de residuos de hormigón provenientes del mantenimiento de vías en Montevideo. Aquí tenemos dos actores distintos que generan este tipo de residuos, uno es la propia Intendencia de Montevideo y el otro es el MTOP.

La IMM genera 47.000 toneladas anuales de residuos de mantenimiento de calles y caminos. Aproximadamente el 50% de los mismos proviene de pavimentos de hormigón y el otro 50% son restos de otros tipos de pavimento. Por lo tanto, se generan 23.500 toneladas anuales de residuos con restos de hormigón. A esta cantidad debemos sacarle el porcentaje que corresponde a las bases removidas en los trabajos de mantenimiento. Teniendo en cuenta lo anterior, la cantidad de residuos de mantenimiento de vías compuestas únicamente por hormigones se puede estimar en 11.500 toneladas anuales.

Por su parte el MTOP genera 5.000 toneladas anuales de residuos conteniendo hormigón. Esta cantidad se genera fuera de las áreas urbanas de Montevideo por lo que no la incluimos dentro del total del departamento.

Del razonamiento anterior se llega a que en el departamento de Montevideo se generan 33.000 toneladas anuales de residuos conteniendo hormigón. Si suponemos que un 70% de esta cantidad es factible de re-usos distintos a los rellenos de vertederos y zonas bajas, concluimos que tenemos 23.000 toneladas/año de residuos de hormigón que son posibles de reciclar de alguna forma.

### **Materiales a utilizar para la caminería en Felipe Cardoso.**

Veamos cual es la mejor opción para disponer en Felipe Cardoso de los materiales necesarios para la caminería y pista, analizando las posibilidades de utilizar los residuos de hormigón o los residuos de albañilería.

La cantidad de 23.000 toneladas anuales de residuos de hormigón es algo superior a la requerida en Felipe Cardoso para las actividades antes mencionadas. En efecto, en ese lugar se requieren aproximadamente 18.000 toneladas anuales que se dividen de la siguiente manera:

#### **Descarga en pista**

Pista Nº	Frente(m)	Largo (m)	Profundidad (m)	Volumen Semanal (m <sup>3</sup> )	Volumen Anual (m <sup>3</sup> )
1	25	15	0,2	75	3.900
2	25	15	0,2	75	3.900

Total Anual (m <sup>3</sup> )	7.800	Escombros
-------------------------------	-------	-----------

#### **Caminería de acceso a pista**

Pista Nº	Ancho (m)	Largo (m)	Profundidad (m)	Volumen Semanal (m <sup>3</sup> )	Volumen Anual (m <sup>3</sup> )
1	7	45	0,3	95	4.914
2	7	45	0,3	95	4.914

Total Anual (m <sup>3</sup> )	9.828	Escombros
-------------------------------	-------	-----------

De lo informado por la Dirección del SDF, los materiales que forman parte de los ROC más adecuados para realizar estos trabajos, son los residuos provenientes

de demolición de mampostería. Por lo visto en el cuadro de Composición de los RCD, su cantidad sería suficiente. Para determinar definitivamente lo anterior se realiza el siguiente análisis.

De las 33.500 toneladas de residuos de albañilería que se generan en el AMM, el 85% proviene de Montevideo, es decir 28.500 toneladas anuales. Si realizamos la misma suposición que para los residuos conteniendo hormigón, es decir que solo el 70% es aprovechable, obtenemos una cantidad de 20.000 toneladas por año. Esta cantidad es similar a la requerida por Felipe Cardoso por lo que es factible pensar en realizar el mantenimiento de la caminería interna utilizando exclusivamente este tipo de residuos.

Por otra parte para utilizar los residuos de hormigón, estos deben sufrir una fragmentación previa, con un considerable consumo de energía y consecuente costo. En cambio los residuos de mampostería requieren solamente el pasaje luego de tendidos en sitio, de un compactador autopropulsado del tipo Pata de Cabra o Rodillo liso; lo cual es sin duda mucho más económico que el proceso requerido por el hormigón, que incluye al menos una grúa con pesa o un impactor montado en retroexcavadora, y un rodillo liso vibratorio, conjunto que es claramente más caro por m<sup>3</sup> producido que el pata de cabra citado arriba. La comparación de los procesos, no hace necesario un análisis numérico detallado, ya que tenemos que el compactador Pata de Cabra tiene un costo similar al compactador vibratorio requerido para el hormigón y además cuando se trata de ROC conteniendo hormigones se requieren otros equipos para un proceso previo de fragmentación lo cual encarece más esta alternativa. (Ambos materiales requieren similar uso de motoniveladoras, por lo que este costo no se considera ya que es igual en ambos casos).

Como conclusión, lo más adecuado técnica y económicamente, en los trabajos de mantenimiento del SDF es utilizar los residuos de albañilería y procesar para otros usos los que contienen hormigón.

#### **Análisis económico del proceso de residuos conteniendo hormigón**

Como ya se vio, los residuos de albañilería son suficientes para cubrir las necesidades del SDF, los materiales resultantes de los procesos que se escojan para los posibles usos vistos al comienzo de este punto, deben ser utilizados fuera del SDF o sea colocados en el mercado de materiales de construcción del área metropolitana.

Para utilizar este tipo de residuo se presentan diversas opciones para su tratamiento y sus aplicaciones posibles. Este tratamiento debe consistir en disminuir los tamaños máximos del residuo a tamaños acordes con el posterior uso. Para realizar este tratamiento podemos plantear dos alternativas, una más tecnificada que la otra. Estas opciones serían Fragmentación y Trituración.

Dentro de estas dos opciones se estudiarán las siguientes posibilidades de tratamientos y posibles destinos del material obtenido:

- Fragmentación y clasificación para su utilización en la realización de hormigones ciclópeos, en sustitución de suelos en zonas anegadas, etc. Clasificación que no incluye el uso de zarandas, pues es una tarea realizada por equipos y operarios que consiste en la obtención de un material similar al "descarte de cantera".

- Trituración sólo con Primaria para su uso en bases de pavimentos y/o drenes.
- Trituración con Primaria y Secundaria para su uso en nuevos hormigones.

De escogerse la opción de realizar el proceso de los ROC de hormigón dentro del SDF, esto implica disminuir los Gastos Generales, ya que la Dirección Técnica y la Gestión Administrativa pueden ser realizadas por el mismo personal de supervisión que tiene a cargo la planta. De la misma forma algunos equipos pueden ser compartidos y de esta forma su uso optimizado. No se necesita balanza ya que se cuenta con la del SDF. Es posible utilizar las comodidades existentes para el personal, reduciéndose la obra civil que es necesario realizar, etc.

El proceso de fragmentación y clasificación, es previo al de ingreso de materiales en la trituradora. En efecto, antes de poder procesarse en la trituradora, el material debe reducirse a un tamaño adecuado para poder ingresar en la boca de la primaria, y por otra parte debe hacerse una clasificación y trabajos manuales para eliminar los trozos de armadura e impurezas que estén incluidas en el hormigón.

El trabajo de clasificación y fragmentación es similar al que se debe realizar en la opción 1 en que no se realiza trituración.

Luego la tarea definida como 1 es previa de la 2 o de la 3, según la forma de trituración que se adopte.

La baja producción de material a trabajar por hora, hace prever que el proceso de trituración no sea rentable, pero de cualquier manera lo estudiaremos numéricamente.

Estudio de la producción horaria:

A - Producción horaria posible

- La cantidad de escombros de hormigón disponible es: 23.000 ton/año según lo estudiado
- La posible producción es entonces (se asume densidad del material suelto 1,35 ton / m<sup>3</sup>) expresada en m<sup>3</sup> es: 17.037 m<sup>3</sup> / año
- Es razonable suponer un desperdicio del 10 % lo que implica 15 333 m<sup>3</sup> / año de material útil
- Considerando 188 días de trabajo (semanas de lunes a viernes), 20 días de licencia y 4 días al mes perdidos por inclemencias climáticas nos da el total de 188 días laborables al año).
- De estos valores resulta:  $17037 / 188 = 122$  ton/ día promedio
- Producción horaria posible resulta ser: (días de 8 horas, horas de 50 minutos) producción horaria = producción diaria promedio / 8 x (60/50) = 18,35 ton / hora trabajada por los equipos.
- Esto equivale a una producción de aproximadamente 13.1 m<sup>3</sup>/h

El estudio de los costos se puede ver en el apéndice 2 (Costo de Trituración) y en el apéndice 1 (Costo de Clasificación y Fragmentación)

De este estudio se concluye:

- Costo de Fragmentación y clasificación: US\$ 5,87 /m<sup>3</sup>
- Costo de trituración con primaria: US \$14,51 /m<sup>3</sup>
- Costo de trituración con primaria y secundaria: US\$ 18,28 /m<sup>3</sup>

Los precios de mercado para materiales equivalentes según la investigación realizada por el Consultor son (a fecha febrero de 2005):

Nº boletín MTOP	Material	\$ / m <sup>3</sup>	US\$ / m <sup>3</sup>	Fuente
	piedra partida	550,00	22,00	Canteras Montevideo
4176	pedregullo natural	383,00	15,30	Boletín - División Arq. MTOP
4005	arena	283,00	11,30	Boletín - División Arq. MTOP
4228	balasto natural	223,00	8,90	Boletín - División Arq. MTOP
	pedregullo natural lavado y clasificado	230,00	9,20	Cantera 1, Zona La Paz
	balasto natural	135,00	9,00	Cantera 1, Zona La Paz
	pedregullo natural lavado y clasificado	270,00	10,80	Cantera 2, Zona La Paz
	balasto natural	140,00	5,60	Cantera 2, Zona La Paz
	Descarte de cantera sucio	135,00	5,40	Cantera 1, Zona La Paz
	Descarte de cantera sucio	150,00	6,00	Cantera 2, Zona La Paz
	Descarte de cantera sucio	120,00	4,80	Cantera 3, Zona La Paz
	Descarte de cantera limpio	178,00	7,12	Cantera 1, Zona La Paz
	Descarte de cantera limpio	205,00	8,20	Cantera 2, Zona La Paz
	Descarte de cantera limpio	180,00	7,20	Cantera 3, Zona La Paz

Precio por materiales puestos en obra.

El dólar se toma a \$ 25 por dólar.

Podemos adoptar pues para los materiales puestos en obra, los siguientes valores promedio:

Piedra partida: \$ 550/ m<sup>3</sup> US\$ 22 / m<sup>3</sup> no tiene equivalente por ser de mejor calidad.

Pedregullo natural: \$ 250/ m<sup>3</sup> US \$10/ m<sup>3</sup> equivale al producido por trituración con primaria y secundaria. Este material equivalente tiene un costo de US\$ 18,28 / m<sup>3</sup> en planta.

Balasto natural \$ 140/ m<sup>3</sup> US\$ 5,60 / m<sup>3</sup> es de menor calidad que el producido por trituración con primaria pero puede tener usos similares. Este material tiene un costo de US\$ 14,51 / m<sup>3</sup> en planta.

Material de descarte de cantera sucio: \$ 135 / m<sup>3</sup> US\$5,40 / m<sup>3</sup>

Material de descarte de cantera limpio: US\$ 7,50 / m<sup>3</sup> equivale al producido en el proceso de fragmentación. Este material equivalente tiene un costo de US\$ 5,87 / m<sup>3</sup>.

Como vemos no se justifica la producción de material triturado, pues su costo de producción (en planta) es superior en un 37% aproximadamente al precio que es posible obtener por el material puesto en obra. O sea la diferencia es de un 37% más el costo del flete.

Esto no sucede en el caso del material fragmentado y clasificado, que tiene un costo de producción ligeramente inferior al precio del material equivalente, que para el material obtenido de la fragmentación sería el descarte de cantera. El descarte de cantera sucio se consigue puesto en obra a un precio ligeramente inferior al costo de producción y en el caso del descarte de cantera limpio, material comparable con el resultante de la fragmentación, a un precio sensiblemente inferior.

Por otra parte, los precios de mercado de los materiales, resumidos arriba, son precios promedio puestos en Montevideo, y provienen todos de la zona de la Paz, no encontrándose alternativas cercanas y competitivas para el material de descarte de cantera ni para los pedregullos dobles lavados y clasificados.

Como el SDF, está sobre la parte este de Montevideo, parece muy factible que pueda competir con los materiales de descarte de cantera limpios en la zona este de Montevideo y en la Ciudad de la Costa.

Por otra parte poner en funcionamiento un sistema de este tipo, es decir una planta de fragmentación ubicada en Felipe Cardoso no implica inversiones iniciales importantes como lo sería el caso de instalar una planta de trituración.

## **Conclusiones**

Luego hemos arribado a las siguientes conclusiones:

- Los materiales de albañilería, mampostería, se utilizarán dentro de la planta para la reparación de los caminos de circulación, del frente de descarga y otros trabajos de mantenimiento.
- Los ROC de hormigón, deben ser trasladados por las Empresas Constructoras a SDF, donde se les aplicará un proceso de fragmentación y clasificación como ha sido definido más arriba. Este material tiene posibilidades de ser colocado en el mercado, y su venta cubriría los costos

de producción. El mercado es capaz de absorber la producción sin dificultades, pues es una producción pequeña y el material puede ser utilizado en el mantenimiento o en la construcción de la red vial en la Ciudad de la Costa.

### **Apéndice 1**

Cálculo del Proceso de Clasificación y Fragmentación

PROGRAMA DE SANEAMIENTO DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA  
PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS SÓLIDOS DE MONTEVIDEO Y AREA METROPOLITANA

Plan Director  
Tomo IV ROC - Anexo

		<b>Unidad</b>	<b>Costo horario \$ US 2004</b>
<b>1.</b>	<b>Obras y equipos</b>		
1.2	Equipos		
	Cargador con pala de 2 m3 sobre neumáticos (50%)		
	Pala de cable con pesa	Incluidos más adelante	
	Grupo Electrónico de 250 KW		
	<b>TOTAL OBRAS Y EQUIPOS</b>		<b>0</b>
<b>2.</b>	<b>Amortización y Costo Financiero</b>		
2.1	Pala de cable con pesa	h	5,38
2.2	Cargador frontal de 2 m3 de capacidad (50%)	h	4,62
	<b>Total A Y CF</b>		<b>10,00</b>
<b>3.</b>	<b>Operación y mantenimiento (O y M)</b>		
3.1	Pala de cable con pesa	h	3,33
	Cargador frontal de 2 m3 de capacidad	h	1,91
3.2	Combustible y lubricantes	h	11,15
3.3	Seguros	h	0,83
	<b>TOTAL O y M</b>		<b>17,22</b>
<b>4.</b>	<b>Mano de obra</b>		
4.1	Encargado	h	6,91
4.2	Peones	h	20,74
4.3	Maquinistas	h	8,89
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		<b>36,54</b>
<b>5</b>	<b>Equipos suministrados por terceros</b>		
5.1	Camión para movilizar los materiales internamente	h	13,20
	<b>TOTAL EQUIPOS SUMINISTRADOS POR TERCEROS</b>		<b>13,20</b>

**FICHTNER - LKSUR Asociados**

<b>TOTAL DEL PROCESO DE CLASIFICACION Y FRAGMENTACION</b>	<b>h</b>	<b>76,96</b>
---	----------	--------------

**El material comerciable resulta ser:**

Material que entra al proceso 18 / ton hora	ton / hora	18,35
Expresado en m3 (dens = 1.4)	m3 / hora	13,11

<b>Costo por ton:</b>	<b>US\$ / ton</b>	<b>4,19</b>
<b>Costo por m3 producido</b>	<b>US\$ / m3</b>	<b>5,87</b>

**Apéndice 2**

Cálculo del Proceso de los ROC de hormigón

A. Trituración con primaria exclusivamente

	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
<b>1. Obras y equipos</b>		
1.1 Obras		
Terreno (0,5 ha)	Incluido en amortización	
Obras civiles	planta	
1.2 Equipos		
Cargador con pala de 2 m3 sobre neumáticos		
Trituradora de 70 ton/h c/ Primaria y Secundaria	Incluidos más adelante	
Grupo Electrónico de 250 KW		
1.3 Otros		
<b>TOTAL OBRAS Y EQUIPOS</b>		<b>0</b>
<b>2. Amortización y Costo Financiero</b>		
2.1 Cargador con pala de 2 m3 sobre neumáticos	h	9,23
2.2 Trituradora de 50 ton/h c/ Primaria y Secundaria	h	10,49
2.3 Grupo Electrónico de 250 KW	h	2,24
<b>SUBTOTAL</b>		<b>21,97</b>

### 3 Operación y mantenimiento (O y M)

3,1	Cargador con pala de 2 m3 sobre neumáticos	h	3,82
	Trituradora de 50 ton/h c/ Primaria y Secundaria	h	2,43
	Grupo Electrónico de 250 KW	h	0,28
	<b>SUBTOTAL</b>		<b>6,53</b>
3,2	Insumos		
	Piezas de desgaste trituradora	h	11,78
	Combustible y Lubricantes	h	22,29
	<b>SUBTOTAL</b>		<b>34,07</b>
3,3	Seguros	h	0,86
	<b>SUBTOTAL</b>		<b>0,86</b>
	<b>TOTAL O y M</b>		<b>41,46</b>

### 4 Mano de obra

4,1	Capataz	1	8,40
4,2	Peones	2	6,91
4,4	Maquinista	2	11,85
	<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		<b>27,16</b>

### TOTAL DEL PROCESO DE CLASIFICACION Y FRAGMENTACION 90,59

#### El material comercializable resulta ser:

Material que entra al proceso	18 / ton hora	ton / hora	18,35
Producción de polvo	20%	ton / hora	14,68

<b>Costo por ton:</b>		US\$ / ton	<b>6,17</b>
<b>Costo por m3 realmente utilizable</b>		US\$ / m3	<b>8,64</b>

A estos costos se le agrega el costo de la clasificación y fragmentación que figura en el apéndice 3, pues es una etapa previa a este proceso.

<b>Costo del material producido:</b>	US\$ / ton	<b>10,36</b>
	US\$ / m3	<b>14,51</b>

#### B. Trituración con primaria y secundaria

	<b>Unidad</b>	<b>Precio Unitario</b>
<b>1. Obras y equipos</b>		
1.1 Obras		
Terreno (0,5 ha)		
Obras civiles	Incluido en amortización planta	
1.2 Equipos		
Cargador con pala de 2 m3 sobre neumáticos		
Trituradora de 70 ton/h c/ Primaria y Secundaria	Incluidos más adelante	
Grupo Electrónico de 250 KW		
1.3 Otros		
<b>TOTAL OBRAS Y EQUIPOS</b>		<b>0</b>
<b>2. Amortización y Costo Financiero</b>		
2.1 Cargador con pala de 2 m3 sobre neumáticos	h	9,23
2.2 Trituradora de 50 ton/h c/ Primaria y Secundaria	h	25,60
2.3 Grupo Electrónico de 250 KW	h	2,80
<b>SUBTOTAL</b>		<b>37,64</b>
<b>3 Operación y mantenimiento (O y M)</b>		
3,1 Cargador con pala de 2 m3 sobre neumáticos	h	3,82
Trituradora de 50 ton/h c/ Primaria y Secundaria	h	6,00
Grupo Electrónico de 250 KW	h	0,51

SUBTOTAL		10,33
3,2 Insumos		
Piezas de desgaste trituradora	h	25,26
Combustible y Lubricantes	h	25,04
SUBTOTAL		50,31
3,3 Seguros	h	1,25
SUBTOTAL		1,25
<b>TOTAL O y M</b>		<b>61,89</b>
<b>4 Mano de obra</b>		
4,1 Capataz	1	8,40
4,2 Peones	3	10,37
4,4 Maquinista	2	11,85
<b>TOTAL MANO DE OBRA</b>		<b>30,62</b>
<b>TOTAL DEL PROCESO DE CLASIFICACION Y FRAGMENTACION</b>		<b>130,14</b>
<b>El material comerciable resulta ser:</b>		
Material que entra al proceso 18 / ton hora	ton / hora	18,35
Producción de polvo	20% ton / hora	14,68
<b>Costo por ton:</b>	US\$ / ton	<b>8,86</b>
<b>Costo por m3 realmente utilizable</b>	US\$ / m3	<b>12,41</b>
A estos costos se le agrega el costo de la clasificación y fragmentación que figuran en el apéndice 3, pues es una etapa previa a este proceso.		
<b>Costo del material producido equivalente a el</b>	US\$ / ton	<b>13,06</b>
<b>denominado "pedregullo doble lavado y clasificado"</b>	US\$ / m3	<b>18,28</b>



**Fichtner GmbH & Co.KG**

Sarwerystraße 3  
70191 Stuttgart Alemania  
Telefono + 49 - 7 11 - 89 95 - 0  
Fax + 49 - 7 11 - 89 85 - 459

[www.fichtner.de](http://www.fichtner.de)

**FICHTNER**

**LKSur S.A.**

Cont. Echevarriarza 3535  
Torres del Puerto, Of. 1412  
11300 Montevideo, Uruguay

Telefono +598 - 2 - 622 12 16  
Fax +598 - 2 - 628 81 33

[www.lksur.com.uy](http://www.lksur.com.uy)

**LKS**  
lksur