



**Universidad Nacional de Córdoba**  
**Facultad de Ciencias Exactas,**  
**Físicas y Naturales**  
**Escuela de Ingeniería Industrial**



**Lineamientos para una Gestión Integral  
de Residuos Sólidos Urbanos en la  
Ciudad de Frías, Santiago del Estero**

**AGÜERO, Eugenia María**



**Universidad Nacional de Córdoba**  
**Facultad de Ciencias Exactas,**  
**Físicas y Naturales**  
**Escuela de Ingeniería Industrial**



**Lineamientos para una Gestión Integral  
de Residuos Sólidos Urbanos en la  
Ciudad de Frías, Santiago del Estero**

Autores

AGÜERO, Eugenia María

Matrícula: 33061972

Tutor

Mgter. Ing. ANTONINI, Sebastián

Córdoba, Septiembre 2014

## AGRADECIMIENTOS

*A mis Papas, por estar presentes siempre, por darme la oportunidad de seguir esta carrera y ayudarme en la realización de éste proyecto. Por educarme con valores de respeto, responsabilidad, humildad y solidaridad.*

*A mis hermanas, por los consejos dados cuando no sabía cómo seguir, por ayudarme desde sus conocimientos cuando tenía dudas.*

*A Jaime, Aye y Elías, por compartir todos estos años juntos, y darme el empujón que necesitaba muchas veces para rendir; Por convertir los momentos de estudios, en reuniones de amigos.*

*A mis amigos de la vida, porque de una u otra manera siempre estuvieron a mi lado.*

*A una personita que siempre me instó a seguir adelante y fue mi sostén cuando más lo necesitaba.*

## RESUMEN

El objetivo de este proyecto integrador fue generar lineamientos para desarrollar un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos en la ciudad de Frías, Santiago del Estero, que conduzca a un adecuado manejo de los residuos sólidos, con el fin de reducir la cantidad enviada a disposición final, mejorar la calidad de vida de la población, reducir el impacto ambiental, y mejorar la imagen de la ciudad. Para ello fue necesario analizar la gestión actual de los residuos, cómo se realiza la disposición inicial, el servicio de recolección, qué tratamiento se le da a los residuos y cuál es la disposición final que tienen; y realizar un estudio de caracterización, del cual se obtuvo que del total de residuos generados por día, existe un porcentaje importante de residuos orgánicos e inorgánicos que pueden tratarse como recursos mediante procesos de valorización.

Gestionar los residuos de una manera integral significa manipularlos correctamente desde la generación hasta la disposición final. Por lo que se propuso alternativas para reducir la generación de residuos y alternativas de recolección diferenciada, se optó por el proceso de compostaje para tratar los residuos orgánicos lo que permitirá reducir alrededor de un 17% de los mismos, se planteó instalar una planta de separación/ clasificación de residuos inorgánicos que permitirá recuperarlos y su venta cubrir parte de los costos asociados a su funcionamiento, se estableció como modo de disposición final el relleno sanitario; y se formuló un plan guía de implementación donde se consideró entre otros, programas de educación y concientización ciudadana, ya que se concluyó que la participación de la comunidad es un aspecto clave en el logro del proyecto.

## ABSTRACT

The subject of this extensive project was to issue guidelines for the development of a Comprehensive Urban Solid Waste Management Plan in the City of Frías, Province of Santiago del Estero. The goal of said Plan was implementing an appropriate solid waste handling process in order to reduce the waste shipped for direct disposal, to improve the life quality of the population, to reduce the environmental impact and to enhance the public image of the city. To those effects, we were required to evaluate the current waste treatment process, including the initial waste disposal, the garbage collection service, the waste treatment procedure and the final disposal method. We were also required to conduct a Characterization Study, the results of which indicated that an important percentage of daily waste could be classified as organic and inorganic garbage, which may undergo treatment processes such as valorization.

A comprehensive waste management plan includes different phases of the garbage treatment process, from the generation of waste to its final disposal. Different alternatives for waste reduction and separate collection systems were proposed. The composting process was chosen as the organic waste treatment process, leading to a 17% reduction of this type of garbage. We also proposed the establishment of an inorganic waste separation/classification plant in order to conduct the recovery process. The sale of this plant's production may contribute to partially covering the costs associated with the operation of the facility. Landfilling was chosen as the final disposal method, and a plan was developed for the implementation of citizen awareness and educational programs, as we concluded that the involvement of the community is a key factor for the success of this project.

## INDICE

|      |   |    |
|------|---|----|
| I.   | Introducción.....   | 1  |
|      | 1.1 Introducción  |    |
|      | 1.2 Objetivos y alcance del proyecto integrador   |    |
|      | 1.3 Plan del proyecto   |    |
| II.  | Gestión de Residuos Sólidos Urbanos.....  | 5  |
|      | 2.1 Introducción  |    |
|      | 2.2 Residuos Sólidos. Concepto básico   |    |
|      | 2.3 Efectos de los residuos sólidos   |    |
|      | 2.3.1 Efectos en la salud pública   |    |
|      | 2.3.2 Efectos sobre el ambiente   |    |
|      | 2.4 Origen, clasificación y composición de los RSU  |    |
|      | 2.5 Propiedades de los RSU  |    |
|      | 2.5.1 Propiedades físicas de los RSU  |    |
|      | 2.5.2 Propiedades químicas y energéticas de los RSU   |    |
|      | 2.5.3 Propiedades biológicas de los RSU   |    |
|      | 2.6 Gestión integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU)  |    |
|      | 2.6.1 Enfoque de la GIRSU   |    |
|      | 2.6.2 Etapas de la GIRSU  |    |
|      | 2.6.3 Ciclo de los RSU  |    |
| III. | Aspectos legales de la GRSU.....  | 19 |
|      | 3.1 Legislación Nacional  |    |
|      | 3.1.1 Constitución Nacional   |    |
|      | 3.1.2 Ley 25675: Ley General del Ambiente   |    |
|      | 3.1.3 Ley 25916: Gestión de residuos domiciliarios  |    |
|      | 3.2 Legislación Provincial  |    |
|      | 3.2.1 Constitución de la provincia de Santiago del Estero   |    |
|      | 3.2.2 Ley 6321/96 Normas generales y metodología de aplicación para la defensa, conservación y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales |    |
|      | 3.3 Legislación Municipal   |    |
|      | 3.3.1 Carta Orgánica de la Municipalidad de Frías   |    |
|      | 3.3.2 Ordenanza N° 709 (año 1991)   |    |
| IV.  | Características de la ciudad de Frías.....  | 23 |
|      | 4.1 Medio Físico  |    |
|      | 4.1.1 Introducción  |    |
|      | 4.1.2 Características del suelo de la zona  |    |
|      | 4.1.3 Características geológicas y geomorfológicas  |    |
|      | 4.1.4 Características climáticas  |    |
|      | 4.1.5 Características hidrogeológicas-hidrológicas  |    |
|      | 4.2 Medio Biótico   |    |
|      | 4.2.1 Flora   |    |
|      | 4.2.2 Fauna   |    |
|      | 4.3 Medio Antrópico   |    |
|      | 4.3.1 Equipamientos sociales  |    |
|      | 4.3.2 Aspectos Socio-económicos   |    |
| V.   | Gestión de Residuos Sólidos en Frías.....   | 34 |
|      | 5.1 Situación actual de los RSU   |    |
|      | 5.1.1 Generación  |    |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 5.1.2    | Almacenamiento   |    |
| 5.1.3    | Basurales clandestinos   |    |
| 5.1.4    | Barrido de calles  |    |
| 5.1.5    | Recolección y transporte de residuos                           |    |
| 5.1.6    | Tratamiento de RSU   |    |
| 5.1.7    | Disposición final  |    |
| 5.2      | Aspectos técnicos y operativos del actual SGRSU                |    |
| 5.3      | Aspectos económicos  |    |
| 5.4      | Problemática que presentan los residuos                        |    |
| VI.      | Estudio de caracterización de los RSU de Frías.....            | 41 |
| 6.1      | Introducción   |    |
| 6.2      | Estudio de caracterización                                     |    |
| 6.3      | Muestreo y clasificación manual                                |    |
| 6.3.1    | Muestreo de los residuos                                       |    |
| 6.3.2    | Proceso de muestreo y clasificación de los residuos            |    |
| 6.4      | Procesamiento de datos y resultados                            |    |
| 6.4.1    | Introducción   |    |
| 6.4.2    | Composición por componente                                     |    |
| 6.4.3    | Resultados obtenidos   |    |
| 6.5      | Estudio de mercado para RSU reutilizables                      |    |
| VII.     | Selección del Sitio.....                                       | 51 |
| 7.1      | Introducción   |    |
| 7.2      | Alternativas de ubicación                                      |    |
| 7.3      | Análisis comparativo de las alternativas                       |    |
| VIII.    | Generación, recolección y transporte de RSU: propuesta.....    | 56 |
| 8.1      | Generación de RSU  |    |
| 8.1.1    | Introducción   |    |
| 8.1.2    | Alternativas para la minimización de residuos en la generación |    |
| 8.2      | Estación de transferencia                                      |    |
| 8.3      | Recolección y transporte de RSU                                |    |
| 8.3.1    | Introducción   |    |
| 8.3.2    | Métodos de recolección   |    |
| 8.3.3    | Alternativas de recolección                                    |    |
| 8.3.3.1  | Recolección domiciliar de residuos orgánicos e inorgánicos     |    |
| 8.3.3.2  | Recolección en puntos fijos                                    |    |
| 8.3.3.3  | Análisis de costos de ambas alternativas                       |    |
| 8.3.3.4  | Ventajas y desventajas de cada alternativa                     |    |
| IX.      | Tratamiento de RSU: propuesta.....                             | 75 |
| 9.1      | Alternativa para residuos orgánicos                            |    |
| 9.1.1    | Introducción   |    |
| 9.1.2    | Compostaje   |    |
| 9.1.2.1  | Introducción   |    |
| 9.1.2.2  | Objetivos  |    |
| 9.1.2.3  | Los materiales y el compost                                    |    |
| 9.1.2.4  | Proceso de compostaje  |    |
| 9.1.2.5  | Condiciones del proceso  |    |
| 9.1.2.6  | Pasos para realizar el compostaje                              |    |
| 9.1.2.7  | Área de compostaje   |    |
| 9.1.2.8  | Consideraciones durante el compostaje                          |    |
| 9.1.2.9  | Otros métodos de realizar compost                              |    |
| 9.1.2.10 | Compostaje en relación al método de recolección                |    |

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| 9.2       | Planta de tratamiento   |     |
| 9.2.1     | Introducción  |     |
| 9.2.2     | Planta de clasificación de RSU                                  |     |
| 9.2.2.1   | Mano de obra necesaria  |     |
| 9.2.2.2   | Equipamiento necesario  |     |
| 9.2.3     | Planta de tratamiento con proceso de compostaje                 |     |
| 9.2.3.1   | Distribución física de la planta de tratamiento                 |     |
| 9.2.3.2   | Personal / Mano de obra necesaria                               |     |
| 9.2.3.3   | Maquinarias / elementos necesarios                              |     |
| 9.2.3.4   | Costos y beneficios del proyecto de valorización                |     |
| 9.2.3.4.1 | Inversión inicial y costos operativos                           |     |
| 9.2.3.4.2 | Ingresos y beneficios   |     |
| 9.2.4     | Tratamiento Mecánico Biológico                                  |     |
| X.        | Disposición Final: Relleno Sanitario.....                       | 103 |
| 10.1      | Introducción  |     |
| 10.2      | Relleno sanitario: concepto                                     |     |
| 10.3      | Elementos característicos de un relleno sanitario               |     |
| 10.4      | Pasos a considerar para la implementación del relleno sanitario |     |
| 10.4.1    | Estimación del volumen requerido para el relleno sanitario      |     |
| 10.4.2    | Uso final del sitio   |     |
| 10.5      | Tipos de rellenos sanitarios                                    |     |
| XI.       | Plan de implementación para la GIRSU.....                       | 108 |
| 11.1      | Introducción  |     |
| 11.2      | Programa de implementación                                      |     |
| XII.      | Conclusión.....   | 114 |
|           | Bibliografía.....   | 116 |
|           | Anexo A.....  | 118 |
|           | Anexo B.....  | 120 |

# CAPÍTULO I

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos urbanos generados por la actividad doméstica, comercial y de servicios, como también los procedentes de la limpieza de calles, plazas y jardines, debido a la urbanización, el crecimiento poblacional y el cambio en los hábitos de consumo, aumentan continuamente alcanzando importantes volúmenes.

A finales del siglo XVII cuando se inicia la Revolución industrial, gracias al desarrollo de la ciencia y la técnica, surgen nuevas actividades industriales y crece el comercio. Se produce entonces una auténtica explosión demográfica y económica que se manifiesta en el desarrollo de la urbanización.

En Argentina el crecimiento poblacional comienza a experimentarse a partir de la segunda mitad del siglo XIX producido por la inmigración extranjera y con ello el surgimiento de las industrias argentinas, que originan profundos cambios en los hábitos de vida, reflejado principalmente en el proceso de urbanización producido a partir de 1914.

Pero es a partir de la globalización en la segunda mitad del siglo XX con el establecimiento de la sociedad de consumo, caracterizada por el consumo masivo de bienes y servicios y la cultura del usar y tirar, incremento de packaging comercial, mayor producción de bienes y por ende un aumento en el impacto sobre el entorno por los residuos generados en procesos industriales y de consumo individual, donde el problema de los residuos empieza a tomar proporciones críticas.

Frente a esta situación, una inadecuada gestión de los mismos, produce graves problemas ambientales, se invaden espacios vitales o de esparcimiento y se desmejora la imagen de la ciudad.

La gestión actual de los residuos en Argentina se reduce generalmente a la recolección domiciliaria, e higiene urbana, que consiste en el barrido de calles y limpieza de sectores públicos; y la disposición final, en muchos casos es efectuada en basurales a cielo abierto con escasos controles ambientales y técnicos, con los consiguientes riesgos derivados para la salud y el ambiente.

En los basurales a cielo abierto se producen contaminaciones procedentes de los residuos sólidos urbanos (RSU) mal gestionados: sobre el suelo en el que se depositan, en las aguas subterráneas y superficiales circundantes, por humos nocivos derivados de la combustión incompleta de los residuos quemados clandestinamente, o emisiones de gases metánicos allí generados, por la acción de vectores -biológicos, hídricos, eólicos o tróficos potenciales transmisores de enfermedades; los basurales producen el deterioro del paisaje, degradan la calidad de vida de quienes habitan en las inmediaciones de los basurales, además de otras causas.

Los basurales a cielo abierto son un foco constante de contaminación y de riesgo sanitario. En el país, aproximadamente el 50% de la población arroja sus residuos en estos lugares, directa o indirectamente, sin conocer la magnitud del daño que está generando.

Los residuos que terminan en un basural carecen de los controles y las condiciones de manejo que sí se brindan en los rellenos sanitarios. Por ejemplo, debido a la falta de impermeabilización del suelo, en los basurales los residuos orgánicos fermentables (como restos de alimentos, ramas, etc.) se degradan y sus propios líquidos, o las aguas de lluvia que toman contacto con ellos, se infiltran en las napas de agua arrastrando los contaminantes que terminan impactando en este recurso natural y poniendo en riesgo la salud de las personas y el ambiente que lo rodea. En los rellenos sanitarios, en cambio, la acción de la descomposición y el posible contacto con aguas de lluvia son neutralizados mediante la construcción de sistemas de impermeabilización y confinamiento que evitan el contacto de los residuos con el ambiente (suelo, agua, aire). El basural es un problema que afecta a todos los vecinos; de allí que todos los actores que intervienen en la gestión de los residuos deban tomar conciencia y aportar desde su lugar. En consecuencia, no solo es necesario que las empresas asuman la responsabilidad de canalizar sus residuos por los mecanismos legales, también los ciudadanos deben tomar conciencia de que este tipo de eliminación sólo acarrea problemas ambientales y sanitarios que perjudican tanto a las generaciones actuales como futuras.

Con respecto al procesamiento de los residuos existen, especialmente, en las áreas metropolitanas y algunos otros puntos del país, plantas fabriles dedicadas a la industrialización de materiales segregados, que puedan ser reciclados o reusados, entre los que se destacan los plásticos, vidrios, textiles, metales, papel, cartón y otros. Sin embargo, se debe señalar que, salvo excepciones, estos materiales son entregados a las fábricas por intermediarios que, a su vez, los reciben de trabajadores informales: los cartoneros, que los recolectan y separan en las calles, y los cirujas que los segregan en los basurales; En casi todas las ciudades del país existen prácticas de recuperación de residuos realizadas por trabajadores informales. Al respecto existen sólo algunas excepciones en ciudades netamente turísticas y en algunas comunidades pequeñas que cuentan, a su vez, con sistemas formales de valorización de residuos.

En algunas localidades se practica la segregación y recolección diferenciada domiciliaria, con lo cual el sistema se eficientiza con una notable mejora en el rendimiento. En cuanto al compostaje se ha detectado que su práctica formal está más difundida en las ciudades pequeñas, aunque es importante mencionar que las tres áreas metropolitanas más grandes del país, Buenos Aires, Córdoba y Rosario tienen instalaciones para producir compost.

El aumento en la generación de RSU constituye una gran preocupación mundial, no solo por el crecimiento potencial de contaminantes derivados de ellos, sino también, por el creciente espacio que requiere su disposición final. La generación de residuos varía con la cantidad de habitantes, con la incidencia de factores como el nivel de vida y poder adquisitivo, los hábitos de consumo, los sistemas productivos, los métodos de embalaje y envasado de bienes y servicios y, en general, los aspectos relacionados con el crecimiento económico de los países.

Las medidas tomadas hasta el momento para resolver esta problemática, no han tenido carácter integral y por lo tanto, no han podido dar solución a todos los factores implicados.

Si bien los municipios son los responsables directos del manejo de los residuos, la magnitud de la problemática requiere de la participación de los distintos niveles de gobierno ya que su inadecuada gestión compromete las condiciones necesarias para asegurar la salud pública y la protección ambiental, pero además requiere de la participación de la comunidad.

Una cuestión que incide negativamente en el logro de una gestión sostenible de los residuos, es el escaso conocimiento que la población tiene sobre el manejo de los mismos y lo que sucede más allá de los límites de su propiedad. En efecto, la gente en general está acostumbrada a desvincularse del problema de los residuos, una vez que los deposita en su vereda y no indaga acerca de su destino final. En éste sentido, es donde más fuerte se debe trabajar para poder cambiar la cultura de la comunidad, concientizar a la gente de la importancia del cuidado del medio ambiente, y los problemas que conlleva convivir con los residuos. Si la comunidad no forma parte, si no toma conciencia, y hace suya ésta problemática, cualquier plan integral de gestión que se desee implementar será en vano.

La recolección de los residuos sólidos y su transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final, es responsabilidad de los municipios, es decir, se trata de un servicio público que impide el desarrollo de vectores transmisores de enfermedades los que encuentran protección y alimento en los residuos. Para que dicho servicio se lleve a cabo es necesaria la intervención de los ciudadanos, quienes deben acondicionar los residuos adecuadamente y sacarlos a la calle en los días, sitios y horarios preestablecidos. Para que el proceso se efectúe en forma correcta y satisfactoria el organismo responsable debe garantizar la universalidad del servicio prestado, o sea, todo ciudadano debe ser atendido por la recolección de residuos domiciliarios y el mismo debe ser regular, es decir se deben respetar los sitios, días y horarios.

La recuperación y aprovechamiento de materiales de los residuos se vería favorecida si se implementaran políticas de manejo y segregación en origen por parte de la población. De esta forma los materiales no cargarían con exceso de humedad ni se encontrarían contaminados con otras corrientes de RSU.

El PI (Proyecto Integrador) presentado, contiene lineamientos para elaborar una propuesta de Plan Integral de Residuos Sólidos Urbanos para la ciudad de Frías, Santiago del Estero, a fin de dar respuesta a la problemática de residuos existente. No se analizaron los residuos industriales, peligrosos, ni patógenos.

Para gestionar los residuos que se generan, y reducir la cantidad de los mismos destinados a disposición final, se planteó implementar un tratamiento aeróbico para los residuos orgánicos y una planta de clasificación de residuos inorgánicos. Si bien el fin que se persiguió es de saneamiento y reducción de residuos, revalorizarlos e insertarlos nuevamente en el ciclo productivo, en el mercado, permitirá al municipio solventar un cierto porcentaje de los costos asociados. Así también se consideró dentro del plan, programas de educación y concientización ciudadana, ya que se concluyó que la participación de la comunidad es un aspecto clave en el logro de este proyecto.

La ciudad de Frías se encuentra ubicada el sudoeste de la provincia de Santiago del Estero, a 150 km. de la capital de la misma y a 140 km. de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. Frías es cabecera del departamento Choya y una de las tres ciudades más importantes de la provincia de Santiago del Estero.

Actualmente el municipio no implementa un Sistema de Gestión de residuos; el sistema se limita a la recolección domiciliaria, barrido y limpieza de calles y lugares públicos; Teniendo los residuos como destino final, formar basurales a cielo abierto en distintos puntos de la ciudad, ubicados mayormente cerca del Río Albigasta, y cerca de viviendas.

Estos basurales no tienen control alguno, contaminando de esta manera el aire, el agua, el suelo, y afectando la salud de la comunidad.

Al arrojarse los residuos cerca del río, uno de los problemas que puede traer aparejado, es la contaminación del mismo, y de las napas subterráneas existentes. Por otro lado, los basurales sirven de alimento a cerdos, que muchas veces sirven de consumo para sus propietarios o son vendidos con dicho fin, lo que trae como consecuencia la transmisión de diversas enfermedades. Los cirujas no son ajenos a esta situación, muchas familias viven de los residuos, de la clasificación y venta de cartón, vidrio y plástico.

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos es un instrumento de gestión que consolida y planifica las actividades para el mejoramiento de la gestión y el manejo de los residuos sólidos, que será llevado a cabo en la ciudad de Frías.

Asimismo, las aplicaciones más importantes del plan están en función de las diferentes virtudes que presenta el mismo ya que servirá como instrumento de planificación y guía de objetivos, y metas a implementar para el desarrollo de actividades que conduzcan a un adecuado manejo de residuos sólidos.

## 1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL PROYECTO INTEGRADOR

### Alcance

El área geográfica comprendida en la formulación de éste plan, comprende el área urbana de la ciudad de Frías, Santiago del Estero.

El tipo de residuo que será considerado en el plan es del tipo Residuo Solido Urbano, que contempla residuos orgánicos e inorgánicos provenientes de domicilios, comercios y oficinas, instituciones educativas y del barrido y limpieza de la ciudad.

### Objetivos Generales

El proyecto integrador tiene como objetivo principal, generar lineamientos para elaborar de forma participativa y consensuada un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos para la ciudad de Frías, Santiago del Estero. El municipio, hoy en día, no lleva adelante una gestión eficiente de los residuos, formando basurales a cielo abierto en distintos puntos de la ciudad, siendo el principal en las barrancas del Río Albigasta, sin darles el tratamiento que necesitan. El plan tiene como fin lograr un manejo adecuado de los residuos mediante su gestión integral de manera de mejorar la calidad de vida de la población, erradicar los problemas de salud vinculados a una mala

gestión de los residuos, reducir el impacto ambiental, el deterioro y contaminación del entorno que producen las grandes acumulaciones de residuos.

#### Objetivos particulares

1. Determinar las tasas de generación y la composición de los RSU de la ciudad de Frías por medio de estudios de caracterización de los mismos.
2. Realizar un diagnóstico del sistema de recolección actual que tiene el municipio, evaluando los costos y recursos utilizados.
3. Evaluar y proponer alternativas de recolección diferenciada para las distintas fracciones de RSU.
4. Proponer líneas de acción alternativas para el adecuado tratamiento y aprovechamiento de los RSU a fin de reducir su volumen.
5. Estimar inversión necesaria, los costos operativos y los potenciales ingresos de una planta para el tratamiento de secos y tratamiento para la fracción húmeda.
6. Desarrollar lineamientos y plan de trabajo que contribuya a la elaboración e implementación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) para la ciudad de Frías.

### 1.3 PLAN DEL PROYECTO

El PI se desarrolla a lo largo de once capítulos.

El capítulo I presenta una introducción al tema, ámbito espacial y entorno donde se realizó el proyecto, situación problemática, objetivos y alcance.

El capítulo II, presenta un desarrollo teórico sobre la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

El capítulo III, establece el marco legislativo nacional, provincial y municipal que regula el tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

El capítulo IV, presenta la ciudad de Frías, establece su ubicación, características climáticas, geológicas, hidrológicas, etc.

En el capítulo V, se describe la gestión actual de los RSU en la ciudad de Frías, aspectos técnicos, operativos y económicos, y la problemática que presentan los RSU en la ciudad.

En el capítulo VI, se desarrolla el estudio de caracterización de los RSU en Frías, como se realizó el muestreo y clasificación, procesamiento de datos y resultados obtenidos. Y un estudio de mercado para los RSU reutilizables.

El capítulo VII, presenta los posibles sitios de ubicación de la planta de tratamiento, características de los mismos y comparación de alternativas.

En el capítulo VIII, se plantea alternativas para reducir la tasa de generación de residuos, y alternativas de recolección y transporte con su análisis logístico.

En el capítulo IX se desarrolla como alternativa para el tratamiento de residuos orgánicos, el proceso de compost, y para los residuos inorgánicos se plantea una planta de clasificación de los mismos; se analiza inversión necesaria, costos operativos y posibles ingresos obtenidos.

El capítulo X, plantea como disposición final de los RSU el Relleno sanitario, describiendo brevemente en qué consiste.

En el capítulo XI, se plantea un plan guía para implementar la GIRSU en la ciudad, contemplando campañas y programas de comunicación, y educación ambiental, ítems a considerar para su implementación, y un cronograma tentativo.

El capítulo XII se presenta la conclusión a la que se arribó al realizar este proyecto integrador.

## CAPÍTULO II

### GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (GRSU)

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

La generación de RSU tiene una triple repercusión medio ambiental: contaminación, desperdicio de recursos y necesidad de espacio para su disposición final.

Los residuos sólidos al ser acumulados o abandonados de forma incontrolada crean una evidente problemática ambiental, ya que al no tomar las medidas preventivas oportunas contaminan los medios receptores (agua, aire, suelo), afectando de forma importante el paisaje, con la consiguiente depreciación del terreno y deterioro del entorno.

Los residuos sólidos urbanos que se producen en los núcleos de población, constituyen un problema para el hombre desde el momento en que alcanzan importantes volúmenes y, como consecuencia, empiezan a invadir espacios vitales o de esparcimiento.

Los residuos constituyen además un problema social, cuya gestión medioambiental necesita encontrar soluciones que eviten su incidencia ambiental negativa, y en muchos casos necesita de un cambio cultural.

La producción, recolección, transporte y eliminación de los residuos no debería constituir un problema en ningún país, ya que existen técnicas adecuadas. Sin embargo la escasez de recursos económicos en la mayoría de los municipios impide adoptar soluciones más adecuadas.

#### 2.2 RESIDUOS SÓLIDOS. CONCEPTO BÁSICO

Se definen como residuos sólidos a aquellos elementos, u objetos que se generan por la actividad del hombre y que al no tener utilidad práctica o valor económico o comercial para la persona que los produce son desechados y/o abandonados. Estos residuos resultan de procesos de fabricación, utilización, consumo o limpieza. Se originan en los hogares, ámbitos laborales, comercios, industrias, restaurantes, edificios administrativos, etc. Y están compuestos de residuos orgánicos como restos de comida, hojas, restos de jardín, papel, cartón, madera y en general materiales biodegradables, plásticos; y residuos inorgánicos, tales como vidrio, metales, caucho, piedras, etc.

Se debe tener en cuenta que todos los residuos no tienen las mismas características. La cantidad y tipo de residuo varían de comunidad en comunidad, dependen del tipo de actividad a la que se dedica la población, de características socioeconómicas, tamaño de la población, factores culturales y variaciones estacionales.

#### 2.3 EFECTOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

##### 2.3.1 Efectos en la salud pública

Los residuos sólidos pueden contener:

- Agentes patógenos humanos: pañales, pañuelos, comida contaminada y residuos quirúrgicos.
- Agentes patógenos animales: residuos de animales domésticos
- Agentes patógenos del terreno: residuos de jardín

El almacenamiento inadecuado de estos residuos es alimento y además un ambiente favorable para la reproducción de mosquitos, moscas, cucarachas, y ratas, que pueden actuar como portadores pasivos en la transmisión de enfermedades, por lo que se le atribuye a los residuos la

transmisión de algunas enfermedades principalmente por vía indirecta. Pero también se le asocia riesgos directos, ocasionados por el contacto directo con el mismo; de manera que el público en general, pero especialmente los que trabajan con residuos sólidos, los recolectores, y cirujas, se encuentran expuestos a un mayor riesgo.

Los recolectores se encuentran expuestos, debido a la manipulación de recipientes inadecuados utilizados para el almacenamiento de desechos, a la falta de equipos y uniformes apropiados. Estas personas, pueden tener una incidencia más alta de enfermedades gastrointestinales de origen parasitario, bacteriano y/o viral que el resto de la población.

A continuación se presentan los vectores, las formas en que se transmiten las enfermedades relacionadas al manejo de los residuos y las principales enfermedades:

Cuadro 2.1: Vectores, formas de transmisión de enfermedades principales en el manejo de residuos.

| Vector     | Forma de transmisión                       | Principales enfermedades                          |
|------------|--|---|
| Ratas      | Mordiscos, orina y heces                   | Peste bubónica, leptospirosis                     |
| Pulgas     | Deyecciones y picaduras                    | Peste bubónica, tifus murino                      |
| Arañas     | Mordeduras                                 | Malestar gral, espasmos, contracciones generales. |
| Piojos     | Picadura                                   | Fiebre recurrente cosmopolita, etc.               |
| Moscas     | Vía mecánica ( alas, patas y cuerpo)       | Fiebre tifoidea, salmonelosis, cólera, etc.       |
| Mosquitos  | Picadura de mosquito hembra                | Paludismo, fiebre amarilla, dengue, etc.          |
| Cucarachas | Vía mecánica (alas, patas, cuerpo y heces) | Fiebre tifoidea, cólera, giardiasis               |
| Cerdos     | Ingestión de carne contaminada, heces      | Toxoplasmosis, triquinosis, taeniasis             |
| Aves       | Heces                                      | Toxoplasmosis                                     |

Fuente: SNV, 2011, Guía de Manejo de Residuos Sólidos

Cuadro 2.2: Microorganismos y enfermedades relacionadas.

| Microorganismos |  | Enfermedades Relacionadas   |
|-----------------|--|---|
| Virus           | Poliovirus<br>Hepatitis A y B<br>Coxsackievirus  | Poliovirus<br>Hepatitis A<br>Hepatitis B<br>Meningitis, parálisis,      |
| Bacterias       | E. Coli<br>Salmonella Tiphy<br>Salmonella Paratiphy<br>Shigella spp<br>Yersinia enterocolitica | Diarrea<br>Fiebre tifoidea<br>Fiebre paratifoidea<br>Diarrea<br>Diarrea |
| Parásitos       | Entamoeba histolítica<br>Giardia lamblia   | Abscesos hepáticos<br>Diarrea y mala absorción                          |

Fuente: Cátedra de Gestión Ambiental, Mag. Biol. Raquel Murialdo, 2012, Gestión de Residuos Sólidos Urbanos

### 2.3.2 Efectos sobre el Ambiente.

La incorrecta disposición o manejo de los residuos sólidos contamina tres recursos básicos para la vida: el agua, el suelo y el aire.

1. Contaminación del Agua: Los depósitos de residuos y los basurales incontrolados producen impactos negativos sobre los cuerpos de agua del entorno, ya que los líquidos lixiviados pueden alcanzar y contaminar fuentes superficiales, o verse infiltrados en el terreno tomando contacto con aguas subterráneas principalmente las mas someras (primer napa freática) las que podrían ser utilizadas como agua potable o de riego agrícola, así como cuerpos de agua de interés para el turismo. No solo el lixiviado contamina las aguas superficiales, sino también cuando se arroja los residuos en ríos y arroyos.
2. Contaminación del Suelo: las grandes acumulaciones de residuos dispersos en el territorio de forma incontrolada generan el deterioro y contaminación del entorno. Particularmente la gran cantidad de plásticos y desechos artificiales no biodegradables constituyen un serio

problema, pues producen alteraciones importantes del paisaje en las zonas próximas y a veces distantes de los lugares de descarga de residuos. Incluso estos productos, que no se integran en el medio con el paso del tiempo y que no pueden ser mineralizados por los organismos descomponedores, pueden llegar a perjudicar e impedir los procesos de autogeneración natural de la cubierta vegetal.

3. Contaminación del aire: los depósitos incontrolados de residuos producen olores desagradables, ya que quedan expuestos elementos que pueden ocasionarlos durante la etapa de descomposición; la quema de los residuos a cielo abierto origina problema con los malos olores y la contaminación del aire. Los residuos generan dos tipos de gases: gases de efecto invernadero, como el metano (CH<sub>4</sub>) y el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) derivados de la combustión de los residuos y generados en el propio vertedero, cuyas propiedades retienen el calor generado por la radiación solar y elevan la temperatura de la atmosfera; los degradadores de la capa de ozono, productos que por los agentes químicos empleados en su elaboración generan ciertos gases conocidos como clorofluorocarbonos o CFC, gases que se utilizan como propulsores de aerosoles para el cabello, algunas pinturas y desodorantes. Cuando los envases de dichos productos son arrojados se convierten en fuentes de emisión de estos gases.

## 2.4 ORIGEN, CLASIFICACIÓN Y COMPOSICIÓN DE LOS RSU

Dentro de los RSU se incluyen los generados por la actividad doméstica, comercial, y de servicios, como así también del aseo del espacio público. Además incluyen los residuos originados en las industrias y establecimientos de salud, siempre que no tengan características tóxicas ni peligrosas, en cuyo caso constituyen residuos de otro tipo que deben ser manejados según lo establecen las normativas específicas.

### Origen y tipos de residuos

Cuadro 2.3: Origen y tipos de residuos sólidos

| Fuente        | Locales   | Tipos de residuos   |
|---------------|---|---|
| Doméstica     | Viviendas unifamiliares y multifamiliares, departamentos  | Alimentos, papel, embalaje, vidrio, metal, cenizas de basura, plástico, vidrio                            |
| Comercial     | Tiendas, restaurantes, oficinas, hoteles, supermercados, bancos.  | Alimentos, papel, embalaje, vidrio, metal, basura peligrosa, plástico                                     |
| Industrial    | Fabricación, industrias productoras de materiales ligeros y pesados, refinerías, plantas químicas, generación de energía, minas, etc. | Residuos de procesos industriales, metales, maderas, barro, plásticos, aceites, residuos peligrosos, etc. |
| Inertes       | Construcción y Demolición, obras civiles  | Tierra, cemento, madera, acero, plástico, vidrio, vegetación  |
| Hospitalarios | Hospitales, laboratorios, farmacias, veterinarias.  | Medicamentos, restos anatomopatológicos, metales pesados, etc.  |

Fuente: Cátedra de Gestión Ambiental, Mag. Biol. Raquel Murialdo, 2012, Gestión de Residuos Sólidos

Los RSU se clasifican de diversas maneras. Si bien están constituidos por un conjunto heterogéneo de materiales, los diferentes usos de los mismos, su biodegradabilidad, combustión, característica reciclable, etc. juegan un papel importante en la percepción de quien los clasifica.

Lo más común es distinguir entre residuos orgánicos e inorgánicos:

- Residuos sólidos orgánicos: son aquellos residuos que provienen de productos de origen orgánicos, la mayoría de ellos biodegradables y se descomponen naturalmente. A su vez se dividen en.
  - Residuos que pueden desintegrarse o degradarse rápidamente (tienen un alto índice de biodegradabilidad debido al grado de humedad que mantienen) transformándose en otro tipo de materia orgánica, son ejemplo los restos de comida, frutas, verduras, restos de jardín, residuos animales, etc.

- Los que tienen un tiempo de degradación más lento (residuos cuyas características biológicas fueron modificadas al grado que en determinadas condiciones pierden su biodegradabilidad) como el cartón o el papel, textiles. El plástico a pesar de tener su origen en un compuesto orgánico, no es biodegradable ya que posee una estructura molecular más compleja.
- Residuos sólidos inorgánicos: son aquellos residuos no biodegradables ni combustible, que no son fruto directo de la naturaleza sino de la industrialización de recursos naturales, tales como vidrio, metales, residuos de construcción y demolición, telgopor, tierra, cenizas.

Cuadro 2.4: Composición física de residuos sólidos

| Composición General | Composición típica     | Composición específica   |
|---------------------|------------------------|--|
| Orgánica            | Alimentos putrescibles | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Alimentos</li> <li>▪ Vegetales</li> </ul>   |
|                     | Papel y cartón         | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Papel</li> <li>▪ Cartón</li> </ul>  |
|                     | Plásticos              | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Polietileno tereftalato</li> <li>▪ Polietileno de alta densidad</li> <li>▪ Cloruro de polivinilo (PVC)</li> <li>▪ Polietileno de baja densidad</li> <li>▪ Polipropileno</li> <li>▪ Poliestireno</li> <li>▪ Otros plásticos multicapa</li> </ul> |
|                     | Ropa/ Telas            | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Productos textiles</li> <li>▪ Alfombras</li> <li>▪ Goma</li> <li>▪ Pieles</li> </ul>  |
|                     | Residuos de Jardín     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Restos del jardín</li> </ul>  |
|                     | Madera                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Madera</li> </ul>   |
|                     | Restos orgánicos       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Huesos</li> </ul>   |
| Inorgánicos         | Metales                | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Latas</li> <li>▪ Metales ferrosos</li> <li>▪ Aluminio</li> <li>▪ Metales no ferrosos</li> </ul>   |
|                     | Vidrio                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Incolores</li> <li>▪ Coloreados</li> </ul>  |
|                     | Tierra, cenizas, etc.  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tierra, sólidos de desbaste</li> <li>▪ Cenizas</li> <li>▪ Piedras</li> <li>▪ Ladrillos</li> </ul>   |
|                     | No clasificados        | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Objetos voluminosos</li> </ul>  |

Fuente: Kiely, Gerald. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.

## 2.5 PROPIEDADES DE LOS RSU

Como el tratamiento adecuado implica reciclaje, reutilización, transformación y eliminación, es importante saber los detalles de los residuos con respecto a las propiedades físicas, químicas, energéticas y biológicas de los mismos.

### 2.5.1 Propiedades físicas de los RSU

Las propiedades físicas más importantes son:

- Densidad ( $\text{Kg/m}^3$ ) y nivel de humedad (% en peso).
- Distribución del tamaño de las partículas (rango en mm).
- Capacidad de campo (%).

- Conductividad hidráulica (m/día).
- Esfuerzo cortante (kN/m<sup>2</sup>).

Densidad y Contenido de humedad:

La densidad es el peso del material por metro cúbico. La misma en los residuos sólidos varía con su composición, el nivel de humedad y el grado de compactación.

La humedad indica el porcentaje, en peso, de agua y materia seca. Varía en función del contenido orgánico, factores meteorológicos, forma que se presenta. El nivel de humedad de residuos es importante si se calcula la potencia calorífica, el tamaño del vertedero y del reactor, etc.

Cuadro 2.5: La densidad y el nivel de humedad de los RSU

| Origen del residuo               | Componente del residuo | Variación de la Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | Densidad Típica (kg/m <sup>3</sup> ) | Nivel de humedad (% en peso) |
|----------------------------------|------------------------|---|--------------------------------------|------------------------------|
| Doméstico                        | Alimentos              | 131-482                                       | 291                                  | 70                           |
|                                  | Papel y cartón         | 42-131  | 70                                   | 5                            |
|                                  | Plásticos              | 42-131  | 60                                   | 2                            |
|                                  | Vidrio                 | 160-481                                       | 196                                  | 2                            |
|                                  | Latas de hojalata      | 50-160  | 89                                   | 2                            |
|                                  | Otros metales          | 65-480  | 280                                  | 2                            |
|                                  | Ropa/telas             | 42-101  | 60                                   | 10                           |
| Municipales                      | Cenizas, polvo         |   | 500                                  | 8                            |
| No compactados                   |                        |   | 100                                  | 20                           |
| En camión compactador            |                        |   | 300                                  | 20                           |
| Compactación normal en vertedero |                        |   | 500                                  | 25                           |
| Bien compactados en vertedero    |                        |   | 600                                  | 25                           |

Fuente: Kiely, Gerald. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.

Fuente: www.fio.unicen.edu.ar . Gestión Integral de Residuos

Distribución del tamaño de partículas: La distribución del tamaño de partículas, al igual que el porcentaje de combustibles, es importante para los métodos de incineración y transformación biológicos. El tamaño de partículas también es importante para el reciclaje y la reutilización y para el dimensionado de equipos para posteriores tratamientos.

Cuadro 2.6: Distribución típica del tamaño de partículas de los RSU

| Componente      | Intervalo de tamaños (mm) | Típica (mm) |
|-----------------|---------------------------|-------------|
| Alimentos       | 0-200                     | 100         |
| Papel y cartón  | 100-500                   | 350         |
| Plásticos       | 0-400                     | 200         |
| Vidrio          | 0-200                     | 100         |
| Metales         | 0-200                     | 100         |
| Ropa/textil     | 0-300                     | 150         |
| Cenizas, polvos | 0-100                     | 25          |

Fuente: Kiely, Gerald. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.

Capacidad de campo (CC): se refiere a la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra sin ningún tipo de intervención. Es la máxima retención de agua en la muestra de residuo, es el punto de inflexión para filtrar y ser lixiviado.

Los residuos sólidos urbanos no compactados tienen una CC del 50 al 60 por ciento. El agua exceso de la CC, drenará como lixiviado. Por tanto es importante determinar la CC de un residuo determinado y su metodología de eliminación, para limitar la cantidad de generación de lixiviado. Una ecuación empírica para la CC de Tchobanoglous es:

$$CC = 0.6 - 0.55 (W / (4500 + W))$$

Dónde:

CC: capacidad de campo, % de peso seco del residuo

W = peso del recubrimiento calculado a la altura media de la capa de residuo, Kg.

La capacidad de campo permite el cálculo teórico del lixiviado, y el cálculo de almacenaje de agua en los residuos almacenados.

Conductividad hidráulica de los residuos: es la velocidad de paso del agua por cada sección de terreno, es el gradiente de líquidos dentro del vertedero (permeabilidad). Ésta es importante ya que de ella depende el transporte de lixiviado y otros contaminantes líquidos/microbiológicos dentro del relleno de residuos sólidos. La conductividad hidráulica típica de los residuos sólidos es alrededor de  $10^{-5}$  m/s, pero depende de la densidad. Los residuos sólidos no son necesariamente homogéneos y por tanto las conductividades hidráulicas no son isotrópicas.

Esfuerzo cortante: El esfuerzo cortante o la cizalladura de los lodos en los vertederos es prácticamente cero. Cuando se evacuan conjuntamente con residuo seco (papel y cartón), su cizalladura mejora. Los residuos sólidos tienen un esfuerzo cortante que se sabe que es máximo justo después de la compactación y disminuye con el paso del tiempo, llegando incluso a cero tras varios años de estancia en el vertedero.

## 2.5.2 Propiedades químicas y energéticas de los RSU

Al existir varias posibilidades de reciclar, reutilizar y transformar los RSU, uno de los primeros pasos para identificar la tecnología de tratamiento más apropiada es determinar sus propiedades químicas. Estas son:

- Análisis inmediato
- Análisis mediato o elemental
- Contenido de energía

En el análisis inmediato se incluye:

- Contenido de humedad en porcentaje en peso
- Materia volátil
- Carbón fijo
- Fracción no combustible ( cenizas)

Cuadro 2.7: Análisis inmediato típico y contenido energético en los RSU

| Tipo de Residuo     | Análisis inmediato |           |             |                          | Contenido energético (MJ/Kg) |                        |                                      |
|---------------------|--------------------|-----------|-------------|--------------------------|------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
|                     | Humedad            | Volátiles | Carbón Fijo | No combustible (cenizas) | Según se recoge, $H_u$       | Seco, normal, $H_{wf}$ | Seco, sin agua ni cenizas. $H_{awf}$ |
| Alimentos mezclados | 70                 | 21        | 3,6         | 5                        | 4,2                          | 13,9                   | 16,7                                 |
| Grasas              | 2                  | 95        | 2,5         | 0,2                      | 37,4                         | 38,2                   | 39,1                                 |
| Fruta               | 79                 | 16        | 4           | 0,7                      | 4                            | 18,6                   | 19,2                                 |
| Carne               | 39                 | 56        | 1,8         | 3,1                      | 17,6                         | 28,9                   | 30,4                                 |
| Papel mezclado      | 10,2               | 76        | 8,4         | 5,4                      | 15,7                         | 17,6                   | 18,7                                 |
| Periódicos          | 6                  | 81        | 11,5        | 1,4                      | 18,5                         | 19,7                   | 20                                   |
| Cartón              | 5,2                | 77        | 12,3        | 5,0                      | 26,2                         | 27,1                   | 27,4                                 |
| Plásticos mezclados | 0,2                | 96        | 2           | 2                        | 32,7                         | 33,4                   | 37,1                                 |
| Polietileno         | 0,2                | 98        | <0,1        | 1,2                      | 43,4                         | 43,4                   | 43,9                                 |
| Poliestireno        | 0,2                | 99        | 0,7         | 0,5                      | 38                           | 38,1                   | 38,1                                 |
| Poliuretano         | 0,2                | 87        | 8,3         | 4,4                      | 26                           | 26                     | 27,1                                 |
| PVC                 | 0,2                | 87        | 10,8        | 2,1                      | 22,5                         | 22,5                   | 22,7                                 |
| Textiles            | 10                 | 66        | 17,5        | 6,5                      | 18,3                         | 20,4                   | 22,7                                 |
| Restos de jardín    | 60                 | 30        | 9,5         | 0,5                      | 6                            | 15,1                   | 15,1                                 |
| Maderas mezcladas   | 20                 | 68        | 11,3        | 0,6                      | 15,4                         | 19,3                   | 19,3                                 |
| Vidrio              | 2                  |           |             | 96-99                    | 0,2                          | 0,2                    | 0,15                                 |
| Metales             | 2,5                |           |             | 94-99                    | 0,7                          | 0,7                    | 0,7                                  |
| RSU domestico       | 15-40              |           |             |                          | 11.6                         | 14.5                   |                                      |
| RSU comerciales     | 10-30              | 40-60     | 4-15        | 10-30                    | 12.8                         | 15.0                   | 19.3                                 |
| RSU                 | 10-30              |           |             |                          | 10.7                         | 13.4                   |                                      |

Fuente: Kiely, Gerald. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.

La nomenclatura para el contenido de energía es la siguiente:

$H_u$ : potencia calorífica inferior, es decir, de los residuos según se recogen.

$H_{wf}$ : potencia calorífica normal, es decir, de los residuos sin agua (secos).

$H_{awf}$ : potencia calorífica superior, es decir, de los residuos sin cenizas ni agua.

Análisis mediano o elemental de los RSU: los elementos más importantes en la transformación de energía de los residuos son:

- Carbono (C)
- Hidrógeno (H)
- Oxígeno (O)
- Nitrógeno (N)
- Azufre (S)
- Cenizas

Es importante conocer la composición química y el análisis final para los procesos de transformación de residuos a energía, ya sea por combustión o por transformación biológica. Por ejemplo, un residuo muy rico en plásticos es muy adecuado para la incineración pero totalmente impropio para la transformación biológica.

El contenido de energía de los RSU se puede determinar por la ecuación de Dulong:

$$H_u = 337C + 1419 (H_2 - 0.125O_2) + 93S + 23N$$

Donde C, H, O<sub>2</sub>, S y N son los porcentajes en peso de cada elemento

Khan et al. Han demostrado que el contenido energético de los RSU puede ser calculado según la siguiente ecuación:

$$E = 0.051 (F + 3.6CP) + 0.352(PLR)$$

Donde

E: contenido energético, MJ/Kg

F: % de alimento en peso

CP: % de cartón y papel en peso

PLR: % de plástico y goma en peso

Esta ecuación funciona bien en caso de encontrarse pocas cantidades de residuos de jardín o nada de ellos.

### 2.5.3 Propiedades biológicas de los RSU

Las propiedades biológicas son importantes para la tecnología de la digestión aerobia/anaerobia en la transformación de residuos en energía y en productos finales beneficiosos. El proceso anaerobio implica la descomposición biológica de residuos alimenticios con productos finales de metano, dióxido de carbono y otros. Algunos componentes orgánicos de RSU no son deseables en la conversión biológica, esto es: plásticos, gomas, pieles y madera. Los fragmentos importantes en la transformación biológica son grasas, proteínas, lignina, celulosa, hemicelulosa, lignocelulosa, y constituyentes solubles.

El grado de biodegradabilidad de la fracción alimenticia de los RSU viene proporcionado por:

$$BF = 0.83 - 0.028LC$$

Donde

BF: fracción biodegradable expresada en base a sólidos volátiles (SV)

LC: contenido de lignina de los SV, % en peso seco

Cuadro 2.8: Biodegradabilidad de los componentes de RSU

| Componente            | SV como % de SVT | LC como % de SV | BF   |
|-----------------------|------------------|-----------------|------|
| Residuos alimenticios | 7-15             | 0.4             | 0.82 |
| Papel de prensa       | 94               | 21.9            | 0.22 |
| Papel d oficina       | 96               | 0.4             | 0.82 |
| Cartón                | 94               | 12.9            | 0.47 |
| Residuos de jardín    | 50-90            | 4.1             | 0.72 |

Fuente: Kiely, Gerald. 1999. Ingeniería Ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión.

## 2.6 GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS (GIRSU)

### 2.6.1 Enfoque de la GIRSU

La GIRSU se define como la selección y aplicación de un conjunto de técnicas apropiadas, tecnologías y programas de gestión para conseguir objetivos y metas específicos a fin de lograr una solución integral al problema de los residuos sólidos urbanos. La Gestión Integral es un sistema de manejo de los RSU, que basado en el Desarrollo Sostenible, tiene como objetivo primordial la reducción de los residuos enviados a disposición final. Ello deriva en la preservación de la salud humana y la mejora de la calidad de vida de la población, como así también el cuidado del ambiente y la conservación de los recursos naturales.

El sistema GIRSU se impuso como el método adecuado para el manejo de los RSU luego de años de estudio, de numerosas experiencias realizadas en el mundo y de la interrelación entre las ciencias exactas, médicas, naturales, sociales, económicas y el desarrollo tecnológico.

Todos los estudios referidos a la Gestión Integral de RSU están dirigidos a disminuir los residuos generados –que son consecuencia inevitable de la actividad humana– como medio idóneo para reducir sus impactos asociados y los costos de su manejo, a fin de minimizar los potenciales daños que causan al hombre y al ambiente.

Gestionar los residuos de una manera integral significa manipularlos correctamente desde la generación hasta la disposición, utilizando las tecnologías más compatibles con la realidad local, dándoles un destino final ambientalmente seguro, tanto en el presente como en el futuro.

Cada municipio debe buscar su propio modelo de gestión, y tener presente que la cantidad y la calidad de los residuos sólidos generados por cada municipio es principalmente función de su población, economía y grado de urbanización.

La jerarquía en la política de gestión integral de residuos es la siguiente:

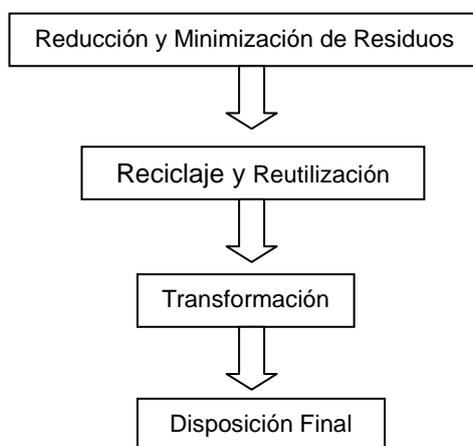


Figura 2.1: Jerarquía en la política de GIRS

Esta jerarquía se la emplea generalmente como guía para desarrollar las estrategias de gestión de residuos sólidos municipales.

## 2.6.2 Etapas de la GIRSU

La GIRSU comprende las siguientes etapas, las cuales tienen en cuenta la jerarquía de la Gestión Integral de Residuos:

- Generación
- Disposición inicial
- Recolección y Transporte
- Tratamiento
- Disposición Final

### Generación

El concepto de Generación, se vincula a las prácticas de consumo cotidiano y refiere a la generación de residuos como consecuencia directa de cualquier tipo de actividad desarrollada por el hombre, provenientes de diversos orígenes: residencial, comercial, industrial, etc.

#### Reducción y Minimización de residuos:

Reducir: significa disminuir la cantidad de elementos que se desechan. Este paso requiere de una transformación en los modelos de producción y consumo: a nivel del fabricante exige la introducción de mejoras tecnológicas que optimicen el diseño, manufactura y empaquetado de productos, empleando un volumen mínimo de materiales y buscando una mayor vida útil; a nivel de la población, demanda la modificación de los comportamientos de consumo hacia un perfil sustentable y una actitud responsable al momento de elegir y usar los productos de consumo.

La reducción en origen está comprendida en el concepto de Producción Limpia y Consumo Sustentable (PL y CS), el cual requiere de una significativa transformación de los modelos de producción y consumo para lograr la utilización sostenible de los recursos y prevenir la contaminación generada por los procesos de producción de los bienes, por su uso, consumo y disposición final o la prestación de servicios.

En cuanto a la cantidad de residuos a disponer, esta podrá disminuir aún más si los que no pueden dejar de generarse son sometidos a procesos de reutilización y reciclado tantas veces como sea posible, antes de ser descartados definitivamente y enviados a su disposición final.

Reutilizar o Reusar: es utilizar un residuo en la forma en que se encuentra, es aprovechar el producto o envase que ya ha sido usado pero que aun puede ser empleado más de una vez, de la misma forma y con el mismo propósito para el cual fue fabricado, por ejemplo, reusar papel en oficinas o escuelas. La reutilización es una forma de reciclaje que nos permite alcanzar la mayor recuperación, ya que no hay que industrializar o procesar de nuevo los envases, sino sólo lavarlos, desinfectarlos, adecuarlos, modificarlos o cambiarles su uso inicial a otro más conveniente para nuestros intereses.

Reciclar: es convertir un residuo en insumo de otro proceso o convertir ese residuo en un nuevo producto sometiéndolo a un determinado proceso. Al reciclar se contribuye al ahorro de energía, agua y combustibles utilizados en los procesos de producción de materias primas. También se disminuye la contaminación del ambiente, y al utilizar como insumo los materiales recuperados de los RSU dando lugar a su valorización, permiten, al mismo tiempo, reemplazar y ahorrar los recursos

naturales que sustituyen, además se extiende la vida útil de los sitios de disposición final (los rellenos sanitarios).

La reutilización y el reciclaje pueden realizarse sobre los residuos domésticos y son procesos que incluyen, como alternativas óptimas, la separación en origen y la recolección diferenciada.

### Disposición inicial

Es la acción por la cual se depositan o abandonan los residuos; es efectuada por el generador, y debe realizarse en la forma que determinen las distintas jurisdicciones. La disposición podrá ser:

- General: Sin clasificación y separación de residuos.
- Selectiva: Con clasificación y separación de residuos.

La ventaja que trae una disposición inicial selectiva es que proporciona fracciones limpias y mejor definidas de residuos para el subsiguiente reciclaje o reutilización, reduciendo los costos en la planta de clasificación.

En caso que la disposición inicial sea general, la clasificación y separación de los residuos puede realizarse en la estación de transferencia o en la planta de tratamiento donde es posible la separación mecánica/clasificación.

### Recolección y Transporte

La Recolección es la actividad consistente en recoger los residuos dispuestos en los sitios indicados, su carga en los vehículos recolectores, y el vaciado de los recipientes o contenedores.

La recolección podrá ser:

- General: sin discriminar los distintos tipos de residuo.
- Diferenciada: discriminando por tipo de residuo en función de su posterior tratamiento y valoración.

Para que dicho servicio se lleve a cabo es necesaria la intervención de los ciudadanos, quienes deben acondicionar los residuos adecuadamente y sacarlos a la calle en los días, horarios y lugares preestablecidos.

El almacenamiento y disposición de los RSU para su recolección, se realiza desde pequeñas bolsas de plástico colocadas sobre la vereda, hasta grandes contenedores.

El Transporte es la actividad que comprende el traslado de los RSU desde el lugar de su recolección, hacia los diferentes sitios comprendidos en las etapas de gestión integral.

Para la elección del método de recolección y transporte es necesario evaluar las alternativas que permitan minimizar costos y utilizar eficientemente los recursos disponibles. En general, los camiones recolectores no están preparados para recorrer las distancias que separan los núcleos urbanos de los centros de disposición final, especialmente si estos últimos están muy alejados o son de difícil acceso. Los costos de transporte pueden ser elevados si la distancia a recorrer es muy larga. Frente a estos inconvenientes surgen las Estaciones de transferencia.

Las Estaciones de Transferencia son instalaciones donde los residuos de los vehículos recolectores son transferidos a equipos de transporte de gran capacidad de carga, los cuales finalmente son los encargados de llevar los residuos a la plantas de tratamiento o al centro de disposición final.

Existen diversas formas de transferencia de residuos: por gravedad, por compactación, por enfardado, sistemas mixtos, etc. Cada uno presenta ventajas en función de la localización, tipos de residuos, producción y rendimiento, pero con objetivos comunes: disminuir los costos del sistema con igual o mejor eficiencia del servicio de recolección, reducir la circulación de los vehículos en el lugar de tratamiento de residuos, y reducir los gastos del personal debido a las esperas por los vehículos

en tránsito. De este modo, la transferencia se plantea como una alternativa tecnológica, económica y operativa tendiente a optimizar la gestión de los RSU allí donde la distancia entre los centros generadores y el centro de disposición final es significativa.

## Tratamiento

Las Plantas de Tratamiento son instalaciones a las cuales llegan los residuos provenientes de la recolección, sea esta diferenciada o no, para su clasificación y envasado según el tipo de material, para su posterior venta e ingreso a nuevos procesos productivos.

Si el residuo no se separa en origen y se tiene la intención de hacer uso de las diferentes fracciones, entonces la separación se podrá efectuar manual o mecánicamente en el destino final. La separación manual se aconseja solo cuando los residuos son limpios, secos o han tenido una separación previa.

La clasificación mecánica, es la más empleada, sin embargo existen muchas dificultades, sobre todo con los residuos húmedos, por lo que en los últimos años se comenzó a implementar el tratamiento mecánico biodegradable.

La separación tanto si es mecánica como si es manual, produce fracciones que no son tan limpias como cuando se separa en origen.

Las diversas tecnologías de tratamiento de los RSU incluyen:

- Reutilización y Reciclado (desarrollado dentro del tema de generación)
- Tratamiento Biológico
- Tratamiento térmico

## Tratamiento Biológico

Para el tratamiento biológico de RSU existen al menos tres opciones:

- Aerobio o compostaje
- Anaerobio o biogás
- Combinación de aerobio y anaerobio

## Compostaje

Es un proceso aerobio en que los microorganismos, en medio oxigenado, descomponen los residuos orgánicos alimenticios:



Los parámetros del proceso son los siguientes:

1. Temperatura
2. Contenido de humedad
3. Oxígeno
4. pH
5. Composición bioquímica y textura

Aspectos ambientales del compostaje: los parámetros ambientales más importantes en la formación de compost son:

- Metales pesados: los metales incluyen el mercurio, el cadmio, el cobre y el cinc. Estos metales se encuentran sobre todo en los RSU generales de baterías, pinturas, plásticos, papeles, etc. El cadmio, el cromo y el mercurio

los toman las plantas y pueden entrar en las cadenas alimenticias. Estos son altamente tóxicos y sus fuentes incluyen baterías, pieles y plásticos.

- Esterilización: la higienización completa del compost se logra a temperaturas termofílicas (55 a 60°C) durante 2 a 3 semanas. También se puede conseguir a temperaturas más altas durante periodos más cortos, pero resulta menos completa.
- Contaminantes inertes: es esencial una selección previa de los residuos si la cantidad de contaminantes del vidrio, del metal, de la goma y del papel parcialmente descompuesto va a ser insignificante.

### Digestión Anaerobia

La digestión anaerobia de los RSU no separados no es adecuada a causa de la presencia de plásticos, vidrio, metales, productos textiles, etc.

La digestión anaerobia se describe por:



El producto final importante que se obtiene es metano. Otros productos son lodos, dióxido de carbono y trazas de amoníaco y sulfuro de hidrógeno. El proceso de digestión anaerobia se puede describir en tres fases:

1. Hidrólisis: es decir, la descomposición de los compuestos de alto peso molecular en compuestos de bajo peso molecular como los lípidos en ácidos grasos, polisacáridos en monosacáridos, proteínas en aminoácidos, etc.
2. Acidogénesis: donde los componentes de menor peso molecular de los ácidos grasos, aminoácidos y monosacáridos se convierten en compuestos moleculares intermedios de pesos más bajos como el propionato, butirato, formato, metanol y acetato.
3. Metanogénesis: donde los compuestos intermedios se convierten en productos finales de metano y dióxido de carbono.

En estas tres fases, está activado un grupo diferente de bacterias, denominadas hidrolizantes, no-metanogénicas (o acidogénicas), y metanogénicas.

Para el mantenimiento de un medio que mantenga el equilibrio dinámico necesario en los acidogénicos y metanogénicos se requiere:

- Que esté libre de oxígeno.
- No contener sales inhibidoras.
- Tener un pH entre 6,5 y 7,5.
- Tener una alcalinidad adecuada.
- Tener suficientes nutrientes, nitrógeno y fósforo.
- Tener una temperatura estable, ya sea en condiciones mesofílicas o termofílicas.
- Tener una carga de sólidos constante.

Existen dos variaciones distintas respecto a las concentraciones de sólidos:

- Digestión anaerobia con sólidos bajos: es un sistema de digestión anaerobia de los RSU orgánicos que emplea concentraciones de sólidos entre 4 y 10 por ciento. El tiempo del ciclo en los reactores varía y suele ser de unos 20 días. Esto también depende de la velocidad de carga, de la biodegradabilidad de la alimentación y de la temperatura del proceso. Los niveles de producción comprendidos entre 1,5 a 2,5 m<sup>3</sup> de tamaño del reactor, obtienen un gas con 50 a 70% de metano

- Digestión anaerobia con sólidos altos: se trata de un proceso anaerobio donde el contenido de sólidos en el reactor va del 25 al 35 por ciento. El ciclo temporal es de 16 a 20 días y la producción del biogás va de 5 a 8 m<sup>3</sup> de reactor. El contenido de gas es del 55 por ciento de CH<sub>4</sub>. La producción de energía es de 140 a 200 m<sup>3</sup> de biogás por tonelada de residuo orgánico bruto con 40 a 60 por ciento de sólidos secos.

#### Métodos anaerobios y aerobios en dos fases

Las ventajas del proceso de dos fases que utiliza la digestión anaerobia con sólidos altos seguido de compostaje cerrado incluyen:

- No se necesita agua de fuentes externas para producir estiércol líquido para alimentación del digestor anaerobio.
- No se producen vertidos de agua
- Hay una producción elevada de biogás de 5 a 10 m<sup>3</sup> de reactor
- Se genera un producto de humus estabilizado
- Se produce un combustible derivado de residuos

#### Tratamiento Térmico: Combustión/ Incineración

La degradación térmica del material orgánico se puede llevar a cabo con o sin oxígeno. Si tienen lugar con un déficit de oxígeno, parte de la energía almacenada en forma de energía química del material orgánico, quedará liberada como gases de combustión. Este proceso se denomina gasificación. Si la gasificación es destilación seca (calentamiento sin entrada de aire, oxígeno o vapor), el proceso se denomina pirolisis.

La degradación térmica con exceso de oxígeno se denomina combustión. Cuando el combustible es un residuo, se denomina incineración. La incineración es oxidación química a temperaturas elevadas, cuando el material orgánico se transforma en energía (calor), gas de combustión y escorias. La incineración de residuos es parecida a la combustión de otros combustibles sólidos como carbón, madera, etc. En la práctica, los residuos se diferencian de los otros combustibles sólidos en el hecho de que no son homogéneos y poseen más agua que el carbón o la madera.

Decidir entre un procedimiento u otro, o su combinación, supone considerar las limitaciones de cada uno, las condiciones socioeconómicas, y los beneficios ambientales.

#### Disposición Final

La Disposición Final es la última etapa en el manejo de RSU y comprende al conjunto de operaciones destinadas a lograr el depósito permanente de los residuos sólidos urbanos, producto de las fracciones de rechazo inevitables resultantes de los métodos de valorización adoptados.

Los residuos sólidos urbanos que no puedan ser tratados por las tecnologías disponibles se destinan a un sitio de disposición final designado por la autoridad. La técnica más difundida y adecuada es la del relleno sanitario. La idea es que la cantidad de residuos que son enviados al relleno sanitario se reduzca al mínimo, para así cumplir las metas de reducción establecidas por las normas, propiciando una mejor calidad ambiental.

#### Relleno Sanitario

El relleno sanitario es la técnica para la disposición final de los RSU en el suelo que puede implementarse sin causar perjuicio al medio ambiente y sin ocasionar molestias o peligros para la salud y seguridad pública. Este método utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos sólidos en la menor superficie posible, reduciendo su volumen al mínimo



## CAPÍTULO III

### ASPECTOS LEGALES DE LA GRSU

#### 3.1 LEGISLACIÓN NACIONAL

##### 3.1.1 Constitución Nacional

Artículo 41: Todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras; y tienen el deber de preservarlo. El daño ambiental generará prioritariamente la obligación de recomponer, según lo establezca la ley.

Las autoridades proveerán a la protección de este derecho, a la utilización racional de los recursos naturales, a la preservación del patrimonio natural y cultural y de la diversidad biológica, y a la información y educación ambientales.

Corresponde a la Nación dictar las normas que contengan los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, las necesarias para complementarlas, sin que aquéllas alteren las jurisdicciones locales.

Se prohíbe el ingreso al territorio nacional de residuos actual o potencialmente peligrosos, y de los radiactivos.

##### 3.1.2 Ley 25675. Ley general del Ambiente

La ley establece los Presupuestos mínimos para el logro de una gestión sustentable y adecuada del ambiente, la preservación y protección de la diversidad biológica y la implementación del desarrollo sustentable y regula las bases mínimas que deben observarse en materia ambiental. Rige en toda la Nación, incorpora como herramienta el Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y la Participación Ciudadana. Tiene en cuenta los siguientes puntos:

- Principios de la política ambiental.
- Presupuesto mínimo.
- Competencia judicial.
- Instrumentos de política y gestión.
- Ordenamiento ambiental.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Educación e información.
- Participación ciudadana.
- Seguro ambiental y fondo de restauración.
- Sistema Federal Ambiental.
- Ratificación de acuerdos federales.
- Autogestión.
- Daño ambiental.
- Fondo de Compensación Ambiental.

##### 3.1.3 Ley 25916. Gestión de residuos Domiciliarios

La ley establece los presupuestos mínimos de protección ambiental para la gestión integral de residuos domiciliarios. Los objetivos que plantea son:

1. Lograr un adecuado y racional manejo de los RSU.

2. Promover la valorización de los RSU.
3. Minimizar los impactos negativos.
4. Minimizar los residuos con destino a disposición final.

Tiene en cuenta los siguientes puntos:

- Disposiciones generales.
- Autoridades competentes.
- Generación y Disposición inicial.
- Recolección y Transporte.
- Tratamiento, Transferencia y Disposición final.
- Coordinación interjurisdiccional.
- Autoridad de aplicación. Infracciones y sanciones.
- Disposiciones complementarias.

## 3.2 LEGISLACIÓN PROVINCIAL

### 3.2.1 Constitución de la Provincia de Santiago del Estero

#### Capítulo V: del Medio Ambiente

Artículo 35: Calidad de vida. Todo habitante tiene derecho a un ambiente sano y a que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer la de las generaciones futuras. Este derecho comprende el de vivir en un ambiente físico y social libre de factores nocivos para la salud, la conservación de los recursos naturales, culturales y la diversidad biológica y la preservación de la flora y fauna. Se prohíbe el ingreso, la instalación o radicación en el territorio provincial de residuos actual o potencialmente tóxicos.

### 3.2.2 Ley 6321/96. Normas generales y metodología de aplicación para la defensa, conservación y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales.

El objetivo de la presente Ley es la protección, conservación, mejoramiento, restauración y racional funcionamiento de los ecosistemas humanos (urbano y agropecuario) y naturales, mediante una regulación dinámica del ambiente, armonizando las interrelaciones de Naturaleza, Desarrollo y Cultura, a fin de preservar la vida en su sentido más amplio, asegurando a las generaciones presentes y futuras el cuidado, de la calidad ambiental y la diversidad biológica.

La Ley establece la responsabilidad de su cumplimiento en el Poder Ejecutivo provincial y en los municipios. Trata el tema RSU en su Título IV, Capítulo VIII, artículos 71 y 72:

ARTÍCULO 71.- La gestión de todo residuo que no esté incluido como peligroso, patogénico o radioactivo, será de incumbencia y responsabilidad municipal.

ARTÍCULO 72.- Los municipios gestores implementarán los mecanismos tendientes a:

- a) La clasificación y separación de los residuos de la fuente.
- b) La recuperación de la materia y/o energía y su reciclaje.
- c) La minimización en su generación.
- d) La evaluación de Impacto Ambiental previa localización de sitios de deposición final.
- e) La normatización para el embalaje y traslado de los residuos.

Además fija normas particulares para la gestión de los residuos calificados como patogénicos, peligrosos y radioactivos.

La referida ley provincial dispone de 2 decretos reglamentarios: El primero, Serie A 506 del 19/04/2000, básicamente, establece la obligatoriedad de presentar la evaluación de impacto ambiental (fijando sus contenidos mínimos) de los proyectos de inversión ante la Dirección General

de Medio Ambiente Provincial, con el asesoramiento del Consejo Provincial del Ambiente, compuesto por el Gobierno de la provincia, las universidades y las organizaciones no gubernamentales (ONG).

El segundo decreto, Serie B 1.131 del 04/12/2002, establecía un plazo máximo de un año para que todos los municipios y las comunas de la provincia instrumenten un SGIRSU, con su correspondiente evaluación de impacto ambiental. Asimismo, establece la obligatoriedad de adoptar, como modo de disposición final de los residuos, el denominado Relleno Sanitario.

### 3.3 LEGISLACIÓN MUNICIPAL (FRÍAS, SANTIAGO DEL ESTERO)

#### 3.3.1 Carta Orgánica de la Municipalidad de Frías

Titulo IX Políticas especiales del municipio

Capítulo IV

D- Ecología

Art. 139° - Es responsabilidad del municipio, preservar, conservar, defender y mejorar el ambiente urbano, agropecuario y natural - y sus elementos constitutivos -, que por su función y características, contribuyen a mantener el equilibrio del ecosistema.

Art. 140° - Se ocupará de controlar o eliminar factores, procesos o actividades del medio que ocasionen perjuicios al ambiente, a la vida del hombre y demás seres vivos.

Art. 141° - Orientar y fomentar el desarrollo de procesos educativos culturales que promuevan la conservación de defensa del medio ambiente y el uso racional de los recursos naturales renovables y no renovables. La protección y explotación racional de las especies y su reposición mediante la forestación y reforestación que salvaguardan la estabilidad ecológica.

Art. 142° - Se ordenará el ejido municipal y planificarán los procesos de urbanización y población, industrialización y explotación de los recursos naturales en función de los valores del ambiente.

Art. 143° - Se protegerán y mantendrán zonas y monumentos naturales, reservas forestales, faunísticas, áreas de futuros asentamientos humanos, espacios que contengan suelos o masas de agua con flora y fauna nativa y/o en peligro de extinción, refugios silvestres, paisajes, etc.

Art. 144° - Se realizarán estudios de impacto ambiental cuando se realicen obras de envergadura públicas o privadas, y se estime una alteración del equilibrio ecológico.

Art. 145° - Prohibir toda acción, actividad que degrade en forma irreversible al sistema ecológico y sus elementos constitutivos: flora, fauna, suelo, atmósfera, paisaje.

Art. 146° - Sancionar a todo aquel infractor de las disposiciones relativas a la preservación del medio ambiente. De acuerdo con lo que establezcan las ordenanzas sobre la materia.

Art. 147° - Corresponde al Concejo Deliberante dictar la ordenanza del plan regulador de la ciudad, y la ordenanza del Código de Edificación.

Art. 148° - El plan se deberá adecuar a las estructuras administrativas y financieras municipales, tenderá al desarrollo orgánico de la ciudad, con participación de la comunidad, garantizando el crecimiento ordenado y el mejor uso del suelo urbano.

Art. 149° - Para su elaboración, previo estudio y diagnóstico de personal técnico especializado, se podrá celebrar convenio con universidades u otros organismos que se estimen competentes en la materia.

### 3.3.2 Ordenanza N° 709 (año 1991)

Art. : 1º) La generación, manipulación, transporte, tratamiento y disposición final de residuos de sustancias líquidas o sólidas, que de alguna manera pongan en peligro el equilibrio ecológico en el territorio municipal, quedarán sujetas a la presente Ordenanza, siendo las personas o establecimiento que conectan dichas acciones, pasibles de las sanciones que para el caso queden establecidas.-

#### De las Faltas Ecológicas

Art. : 2º) A los efectos de esta Ordenanza, serán consideradas faltas ecológicas o ambientales, las conductas que afecten o degraden o sean susceptibles de afectar o degradar los recursos naturales y al medio ambiente.-

Art. : 6º) Las personas físicas o jurídicas que contaminaren o realizaren acciones contaminantes o susceptibles de contaminar, arroyos, lagos, aguas subterráneas o públicas, que se aprovechan para consumo humano o para el riego de explotaciones agropecuarias, serán pasibles de multas de Pesos MIL A CINCUENTA MIL.-

Si se tratare de personas físicas que hubieran actuado con dolo podrá efectuarse arresto de hasta sesenta (60) días.-

Idéntica sanción corresponderá a las personas jurídicas o físicas cuando los autores materiales de fueran sus dependientes y actuaren en función o como agentes de los mismos. El arresto podrá aplicarse a los responsables de los establecimientos cuando hubieren consentido y/u ordenado responsables de la acción sin observar las disposiciones legales que sobre la materia rijan.-

#### Título del Agravante de las Sanciones

Art. : 9º) Cuando de la contaminación resultare un daño irreversible en el medio ambiente, se aplicará al responsable, multa de Pesos CINCO MIL A CIEN MIL. Si se tratare de persona física se aplicará además arresto de hasta Noventa Días. La sanción podrá ser elevada en cincuenta por Ciento (50 %) si el siniestro se hubiera producido por causa de insolvencia de las normas de seguridad e higiene que rige en la materia.-

Art. : 10º) Deberán considerarse como agravantes los supuestos de irreversibilidad en la degradación, atendiendo a la eventual extinción de los recursos o a la magnitud del impacto ambiental, así como la hipótesis de daños a bienes de valor éticos o estéticos no susceptibles de valoración económica e imposible de reproducir, en cuyo caso las sanciones respectivas se elevarán al doble.-

## CAPÍTULO IV

### CARACTERÍSTICAS DE LA CIUDAD DE FRÍAS

#### 4.1 MEDIO FÍSICO

##### 4.1.1 Introducción

La ciudad de Frías, llamada "Ciudad de la Amistad" constituye un punto de encuentro entre cuatro provincias argentinas, comunicándose hacia el norte con Tucumán, hacia el sur con Córdoba, hacia el oeste con Catamarca y hacia el este con localidades propias de Santiago del Estero.

La ciudad de Frías se encuentra localizada al sudoeste de la provincia de Santiago del Estero a 28°38'60" de latitud sur y 65°09'05" de longitud Oeste, cerca del límite con la provincia de Catamarca, a una altura de trescientos dieciséis (316) metros sobre el nivel del mar. La ciudad se encuentra situada a ciento cincuenta (150) kilómetros de la capital de la provincia y a ciento cuarenta (140) kilómetros de la ciudad de San Fernando del Valle de Catamarca. Frías es cabecera del departamento Choya.

Las actividades económicas más importantes de la región están concentradas en el comercio y los servicios, la minería y la actividad agropecuaria, con mayor énfasis en la ganadería (bovina y caprina).



Figura 4.1: Ubicación de la ciudad de Frías

##### 4.1.2 Características del suelo de la zona

La gran irregularidad en el terreno origina distintos tipos de suelo con distintas aptitudes de uso, predominan los del orden molisoles y entisoles, con limitantes en retención de humedad, salinidad, sodicidad y fertilidad, dependiendo de la serie de suelos.

La zona de Frías y alrededores se caracteriza por tres suelos:

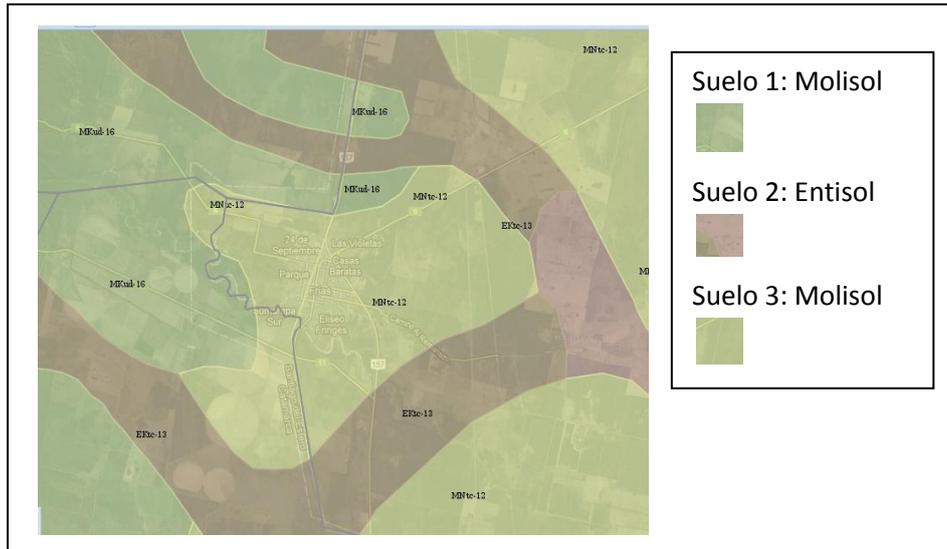


Figura 4.2: Tipos de suelos presentes en la ciudad de Frías

**Suelo 1:**

- Limitante principal: climática
- Índice de productividad: 67
- % de suelo principal: 60
- Orden de suelo principal: molisoles
- Textura superficial suelo principal: franca
- Textura sub-superficial suelo principal: franco arcillosa
- Drenaje de suelo principal: bien drenado
- Profundidad del suelo principal: 100
- Alcalinidad del suelo principal: no sódico
- Pendiente: 5%

**Suelo 2:**

- Limitante principal: pedregosidad
- Índice de productividad: 24
- % de suelo principal: 70
- Orden de suelo principal: entisoles
- Textura superficial suelo principal: arenosa
- Textura sub-superficial suelo principal: arenosa
- Drenaje de suelo principal: algo excesivo
- Profundidad del suelo principal: 80
- Alcalinidad del suelo principal: débil
- Pendiente: 1%

**Suelo 3:**

- Limitante principal: climática
- Índice de productividad: 80
- % de suelo principal: 50
- Orden de suelo principal: molisoles
- Textura superficial suelo principal: franca
- Textura sub-superficial suelo principal: franco arcillo limos
- Drenaje de suelo principal: bien drenado



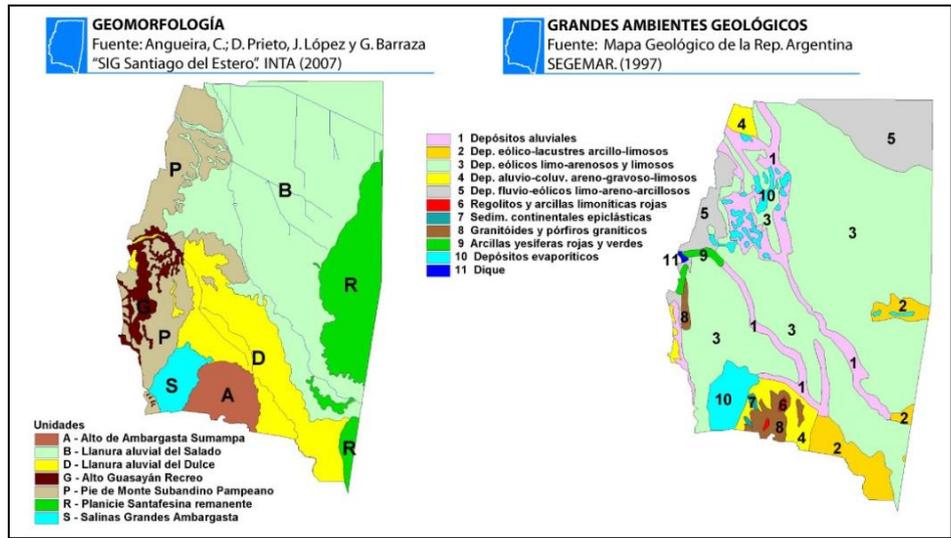


Figura 4.4: Ambientes geológicos y geomorfología de Santiago Del Estero  
Fuente: INTA: Suelos y ambientes de Santiago del Estero, 2008

#### 4.1.4 Características Climáticas

La provincia de Santiago del Estero reúne características típicas de semiaridez y delicado equilibrio ambiental, con alta variabilidad climática y la fragilidad de sus suelos.

La Provincia posee en general un clima continental, cálido, tal como corresponde al de las regiones subtropicales por estar situada entre las isoterma de 20°C y 22°C., con una variación desde el árido y semiárido hasta el sub-húmedo continental, con una marcada estación seca, entre mayo y octubre, que se acrecienta de este a oeste.

Los vientos dominantes en la provincia son, los del norte en la época estival y los del sur en la época invernal. Estos últimos son los más beneficiosos porque provocan lluvias frontales. Las heladas ocurren entre mayo y agosto, y el granizo, que es poco frecuente (total anual 0,5) en la provincia, ocurre entre octubre y marzo.

En la región sudoeste, la marcada continentalidad y la ausencia de influencia marítima, se manifiestan en el clima árido serrano, con veranos calurosos, secos y ventosos e inviernos templados. En los veranos cálidos el agente temperador es la altura de las sierras. En éstas, las precipitaciones son más abundantes en las laderas orientales, pues están expuestas a los vientos húmedos del este. Bajo este tipo climático las precipitaciones no superan los 200 mm anuales. Chaparrones breves y violentos se suman a la erosión eólica, causada por partículas en suspensión transportadas por el viento.

En Frías las características son las siguientes:

- Clima: subtropical con estación seca.
- Temperatura media anual: 20,58°C
- Temperatura mínima anual: 13,92 °C
- Precipitación promedio anual es de 566,84 mm. concentradas en los meses estivales.
- Humedad relativa anual: 60,58
- Evapotranspiración potencial de 931 mm. por lo que provoca que haya balance hídrico que presenta un déficit en todo el año, por lo que desde este punto de vista se dificulta la obtención de altos rendimientos en los cultivos.
- Semiárido
- Los vientos dominantes son del norte y nordeste en época estival y del sur en época invernal.

#### 4.1.5 Características hidrogeológicas - hidrológicas

En la ciudad de Frías, el Río Albigasta es el único curso que pasa por la zona.

El Río Albigasta, nace en la provincia de Catamarca por la tributación de los ríos Grande y de la Plata, en las sierras del Alto. Penetra en Santiago al sur de la ciudad de Frías, departamento Choya. Se dirige con rumbo sudeste, hasta perderse en las salinas de San Fernando, 50 Km. tierra adentro en el mismo departamento.

#### 4.2 MEDIO BIÓTICO

La clasificación del territorio en áreas ecológicas homogéneas es una herramienta válida, dado que esto permite considerar la combinación de factores que determinan una unidad de paisaje ecológico: suelos, clima, vegetación, etc.

Según esta clasificación, el área en estudio corresponde a la región denominada Chaco Seco, que ocupa casi la totalidad de Santiago del Estero.

Esta región es una llanura que presenta ocasionales interrupciones serranas, localizadas principalmente en el sur. Como toda la llanura chaqueña, el Chaco Seco es el resultado del relleno sedimentario de la gran fosa tectónica Chaco - Pampeana. Junto a los aportes eólicos de tipo loésico, ocurren importantes procesos de origen aluvial y fluvial, vinculados al gran aporte de materiales provenientes del sector montañoso andino. Asimismo existen amplios sectores ocupados por salinas.

En la mitad norte de la ecoregión, se encuentran suelos más o menos evolucionados, ricos en nutrientes minerales y de textura media a fina, mientras que hacia el centro y sudoeste predominan suelos arenosos con bajo contenido de materia orgánica. La salinidad está casi siempre presente a alguna profundidad del suelo y a veces se manifiesta desde la superficie.

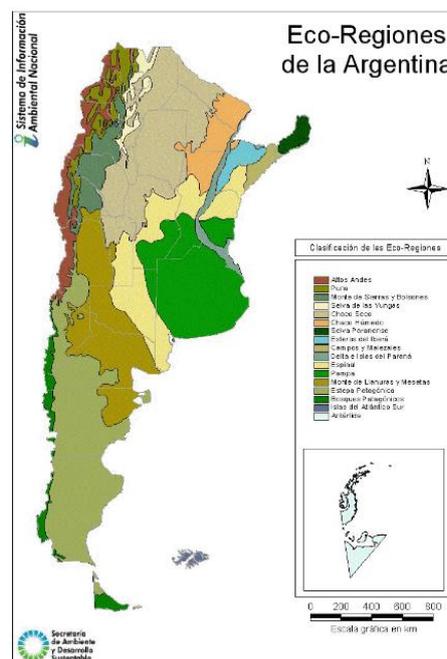


Figura 4.5: Eco-Regiones de Argentina  
Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación

#### 4.2.1 Flora

Especies como algarrobo blanco y negro, quebracho colorado y blanco, tala, itin, caldén, y mistol son características de esta región. En general la Provincia es una dilatada región plana, cubierta en su mayoría por bosques xerofíticos que ascienden por las pocas serranías del sudoeste y oeste de la provincia formando un tipo de bosque similar, donde coexisten las mismas especies con la incorporación del horco quebracho y el cebil. El área boscosa, compuesta por bosques y tierras forestales, ocupa el 65% de la superficie provincial, con una superficie de 98.000 Km<sup>2</sup>, que en comienzos del siglo XX, no había sido tocado por el hombre.

En cuanto a la vegetación en la región de Frías, podemos encontrar dos unidades taxonómicas importantes: las especies típicas de bosque chaqueño serrano, que se extiende hacia al Oeste, en la ladera de las sierras, como el horco quebracho, mezclados con cardones, ucle y quimil; y el bosque chaqueño occidental, que se extiende hacia la llanura, la vegetación es de tipo xerofítico y caducifolio.

Entre los árboles representativos del bosque chaco serrano se destacan el horco quebracho, que ocupa mayormente las laderas occidentales más secas; el cebil que aprovecha las laderas y quebradas más húmedas; el viraró colorado, de excelente madera; el yuchán o palo borracho de flor amarilla, que trepa por los faldeos y se destaca a la distancia por sus grandes flores blanco-amarillentas y grueso tronco verde espinoso.

#### 4.2.2 Fauna

En cuanto a la fauna del Chaco Seco, los mamíferos más representativos son los desdentados: mulitas y tatúes, entre ellos el pichiciego chaqueño, mataco bola y tatú carreta, y oso hormiguero. También se encuentran carnívoros de gran porte como yaguareté y puma; herbívoros tales como chancho quimilero, pecaríes, corzuela, vizcacha, conejo de los palos y el guanaco, ya casi extinguido en la región.

Los grupos de aves más característicos son las chuñas de patas negras, martinetas, charatas (o pavas de monte) y ñandú, entre otros. Entre los reptiles se destacan la boa lampalagua y arco iris, tortuga terrestre e iguana colorada. Existen anfibios típicos de la ecoregión como la rana coralina y varios asociados a los ecosistemas salinos. Según las características de cada zona se encuentran diversos mamíferos. En las zonas de los bosques y los montes se pueden ver mamíferos como vizcachas, conejos, liebres, zorro gris, zorrinos, yaguarundí o gato moro y hurones. En toda la geografía de la provincia y especialmente en los bosques, por la buena disponibilidad de refugios y alimento, viven grandes vertebrados como el puma o león americano, el tigre o yaguareté, el gato montés, el tatú carreta, la mulita, etc. También en este hábitat existen dos especies de ciervo, la sachacabra y la corzuela. En estas zonas existen también lagartos, lagartijas, chelcos o iguanas. La corzuela parda, llamada localmente "sachacabra" que significa "cabra del monte", junto con el pecarí de collar, integran el grupo de los herbívoros.

El ambiente de hierbas y espesura es propicio para la vida de ofidios, entre los que se destaca la presencia de víboras, como la yarará, cascabel, coral, la víbora de la cruz, la boa constrictora (lampalagua) y la culebra.

También se pueden encontrar murciélagos, vampiros y una gran variedad de arácnidos (viuda negra, rastrojera, entre otras). Muchos ejemplares de la fauna autóctona son perseguidos por el hombre, por el valor económico de sus cueros y pieles, excesivamente empleados en la marroquinería e industria de la ropa, entre otros se puede nombrar a: el zorro, el león, la vizcacha, el gato montés, el yaguareté, la lampalagua, nutria, etc. Otros animales son perseguidos por su carne, como la vizcacha, el pichi, la corzuela, el conejo, la perdiz, entre otros. Algunos de estos animales han sido tan perseguidos que están a punto de desaparecer, como el yaguareté, el tatú carreta, el avestruz y el puma.

## 4.3 MEDIO ANTRÓPICO

### 4.3.1 Equipamiento Sociales

#### Salud y Educación

La ciudad cuenta con un Hospital Zonal, ubicado sobre calle Pellegrini al 400, en el que se concentra el grueso de las prestaciones médicas, a lo que hay que agregar dos UPA (unidad de atención primaria de la salud), cinco UPITAS (unidades de atención primaria más pequeñas) y una sala de primeros auxilios, localizados en distintos barrios de la ciudad alejados del sector centro. Por el lado de las prestaciones privadas, funcionan un sanatorio, dos clínicas privadas, institutos y centros médicos, todos ellos localizados en el área céntrica de la ciudad.

En cuanto a la oferta educativa, la ciudad cuenta con 37 establecimientos educativos entre escuelas primarias y secundarias estatales, colegios privados primarios y secundarios, institutos terciarios, jardines de infante, centros de alfabetización y centros de educación especial.

#### Hoteles, Bares, Confiterías y Restaurantes

La ciudad cuenta en su mayoría con confiterías ubicadas en el sector centro de la ciudad, principalmente alrededor y cercanas a la Plaza 9 de Julio. Cuenta con un bar frente a la plaza 9 de julio, y dos restaurantes que se encuentran cercanos a la ruta 157.

Los hoteles en cambio, se encuentran ubicados en distintos puntos de la ciudad. Sus categorías y características son muy diversas, aunque no existen establecimientos 5 estrellas. El máximo nivel de servicio lo ofrecen dos de 4 estrellas. Se encuentran registrados 14 establecimientos en total, contándose hoteles de 4 a 1 estrella, apart y residenciales.

Además cuenta con un casino, ubicado en el centro oeste de la ciudad, a una cuadra de la plaza 9 de Julio.

#### Plazas y Paseos

La ciudad cuenta con dos plazas principales, Plaza 25 de Mayo ubicado en el sector centro este y Plaza 9 de Julio ubicada en el sector centro oeste. Además cuenta con plazoletas y paseos ubicados en distintos puntos de la ciudad.

#### Principales Actividades

Las actividades económicas más importantes de la región están concentradas en el comercio y los servicios, la minería y la actividad agropecuaria, con mayor énfasis en la ganadería (bovina y caprina).

##### Productivas:

En el Departamento Choya los cultivos más comunes son maíz, centeno, poroto, trigo, cebada, avena y soja. Y su actividad económica está compuesta por la cría de bovinos, yeguarizos, porcinos, caprinos.

##### Mineras:

Otra actividad económica es la minería, de calizas y yesos.

En relación a esta actividad industrial derivada de la explotación y elaboración de recursos naturales, está el caso de la producción de cemento de la firma Loma Negra S.A., que en la región es el establecimiento industrial más grande, con una capacidad de producción de 100Tn por mes. Esto

influye que la empresa industrial de mayor envergadura de la ciudad de Frías produzca pre moldeados de hormigón. Esto se debe a la cercanía de la planta de producción de cemento, ya que este es el insumo principal para esta producción.

**Sector Industrial:**

El Parque Industrial cuenta con 168 hectáreas, red de energía de 33.000v, una red de gas, y agua potable subterránea. Se habilitó a una empresa telefónica para instalar líneas e Internet y se construyó una extensión del ferrocarril.

Dentro del parque, se encuentra instalada:

- Una planta de biodiesel a base de soja del grupo Lucci. Los principales productos que genera la planta son: Aceite de Soja, Biodiesel, Harina y Cascarilla de soja. La planta cuenta con una capacidad de procesamiento de 1 millón de toneladas de soja anuales y una producción potencial anual de 200 mil toneladas de Biodiesel/aceite de soja, 740.000 toneladas de harina de soja y 60.000 toneladas de cascarilla de soja.
- Una fábrica de pastas, que principalmente produce fideos secos con una capacidad de producción de 800 kg por hora.
- Una empresa de servicios industriales, dedicada al mantenimiento mecánico, eléctrico y de limpieza de productos eléctricos.

A futuro se espera que se instalen más empresas.

**4.3.2 Aspectos Socio-económicos**

La ciudad de Frías posee 33.535 habitantes según los datos del censo 2010 realizado por el municipio. Según el censo nacional 2001, Frías contaba con 25.401 personas, ese número se vio incrementado en 8134 frienses más. El 99 % de ellos nació en la Argentina.

Población por sexo y por edades:

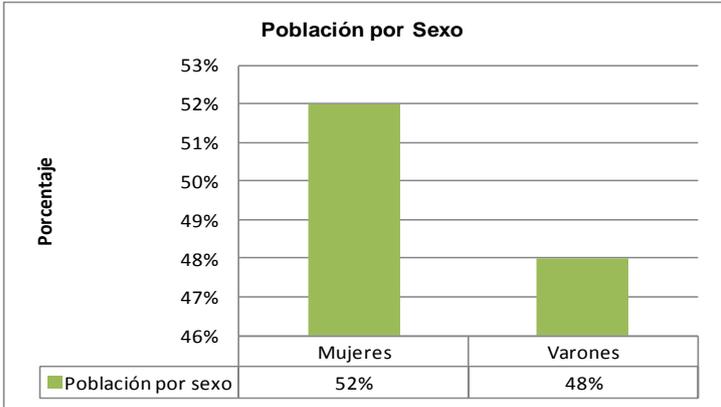


Gráfico 4.1: Porcentaje de la población de la ciudad de Frías por sexo.

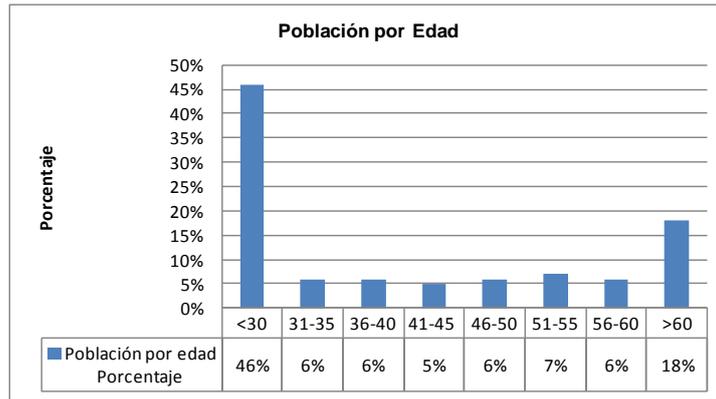


Gráfico 4.2: Porcentaje de la población de la ciudad de Frías por edades.

En el rubro servicios los resultados son:

- El 98 % de la población cuenta con agua corriente de red
- El 97 % con energía eléctrica,
- El 91 % alumbrado público,
- El 48 % gas natural.

Según tipo de viviendas:

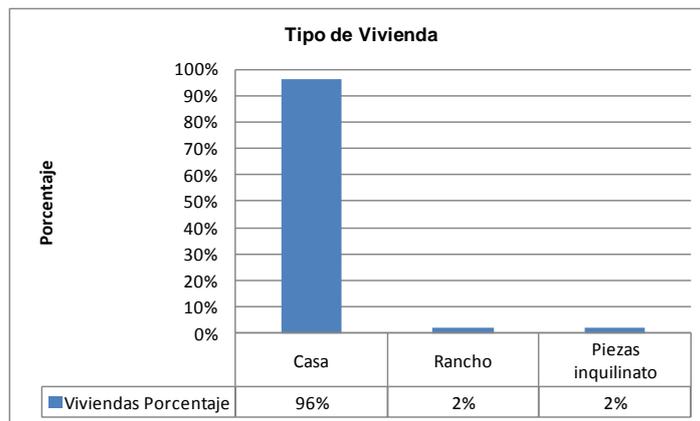


Gráfico 4.3: Porcentaje de la población de la ciudad de Frías por tipo de vivienda.

El 80 % tiene agua por cañería dentro de la vivienda, el 19 % fuera de ella y el 1 % fuera del terreno. El 96 % tiene baño instalado y el 4% no. De los que tienen el núcleo húmedo el 95 % es usado sólo por esa familia mientras que existe un 5 % de personas que comparten el baño, los barrios detectados en este último caso son Las Violetas (12 %), Tiro Federal (13 %), Villa Paulina (14 %) y Chino (43%).

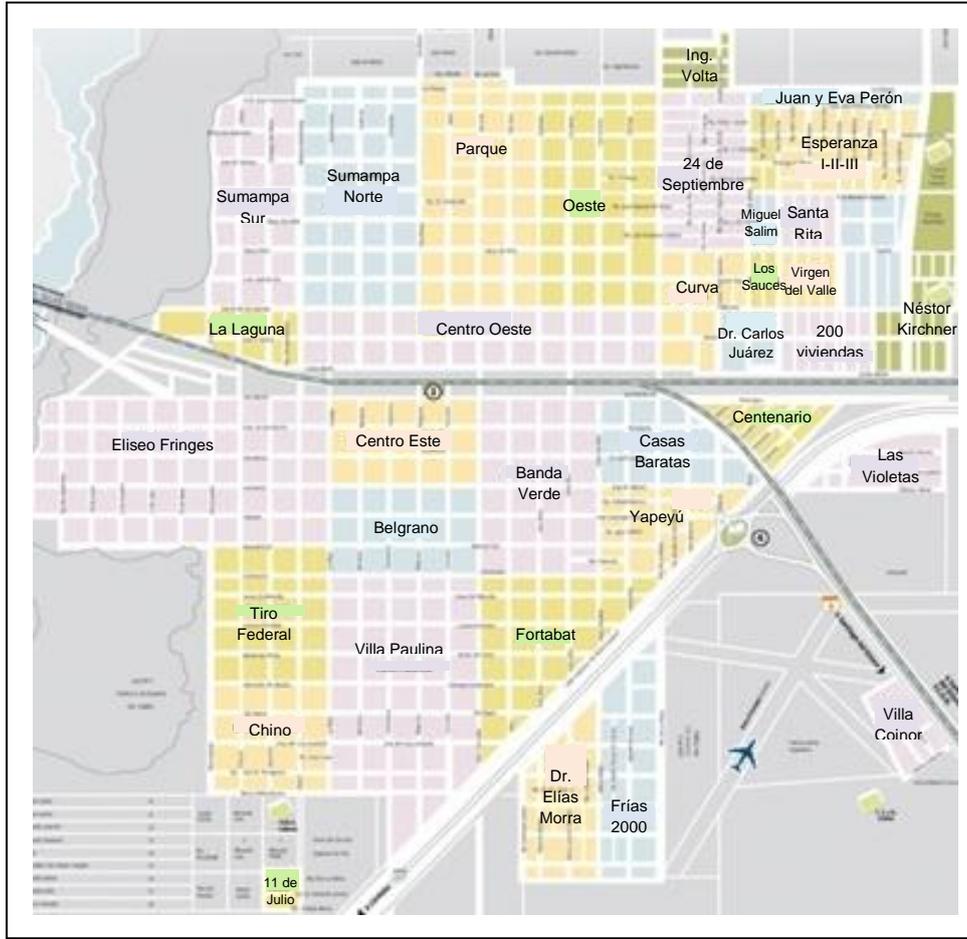


Figura 4.6: Barrios de la ciudad de Frías

Población según rubro Salud:

Uno de los aspectos más importantes para el municipio fue el rubro salud. Al respecto el censo arrojó el siguiente resultado:

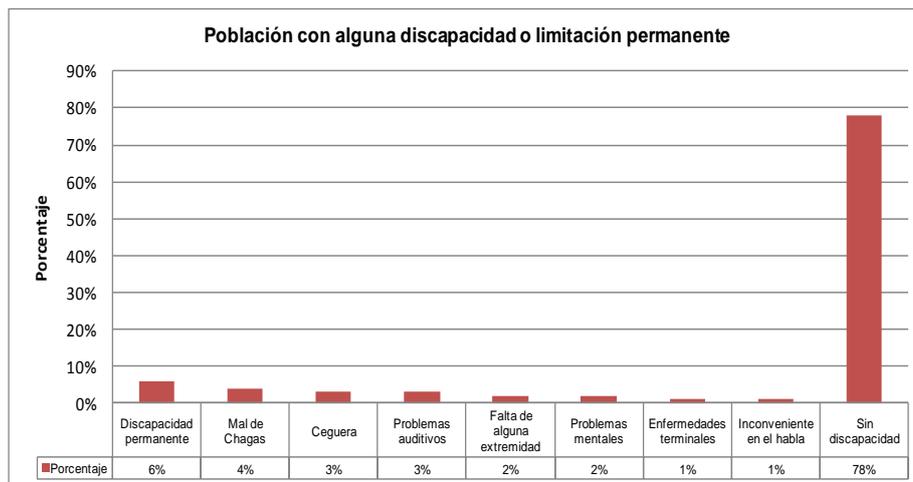


Gráfico 4.4: Porcentaje de la población de la ciudad de Frías con alguna discapacidad o limitación permanente

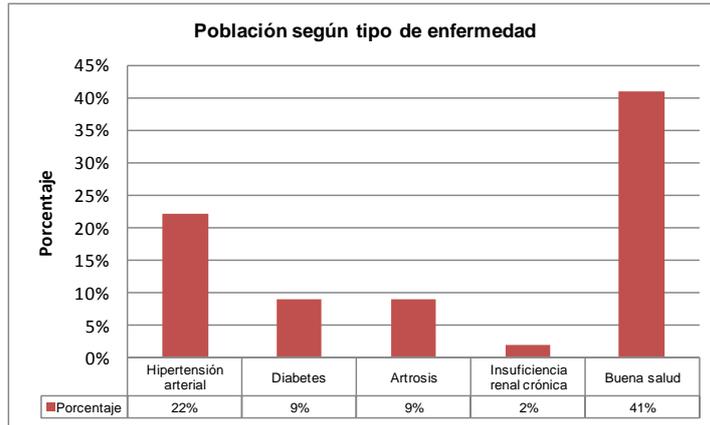


Gráfico 4.5: Porcentaje de la población de la ciudad de Frías según tipo de enfermedad.

El 82 % está de acuerdo con la donación de órganos.

Población por actividades comunitarias:

El 60 % de la gente participa en actividades comunitarias, de ese porcentaje el 58 % lo hace en oficios religiosos, 18 % festividades, 4 % voluntariado, 3 % conferencias, cursos y otros de formación pedagógica, el 1 % en grupos de la tercera edad y lucha contra el Sida y Discriminación y el 11 % en otras actividades sociales y deporte.

## CAPÍTULO V

### GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN FRÍAS

#### 5.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LOS RSU

##### 5.1.1 Generación

Según entrevistas realizadas al Secretario de Obras y Servicios Públicos y al personal encargado del servicio de recolección, se estima que se genera alrededor de 20Tn/día de residuos aproximadamente. Este valor no incluye residuos de poda, ni residuos de construcción (cascotes, etc.). Cifra que se encuentra dentro del rango establecido por la Nación para medianos y pequeños asentamientos (población de 10000/100000 habitantes – generación de residuos: 5/50Tn/día), por otro lado se analizó la generación de residuos de distintas ciudades con población similar a la ciudad de Frías y se obtuvieron resultados semejantes (Ver en anexo B).

El municipio no realiza estudios de clasificación, ni lleva datos estadísticos de los residuos generados. El valor brindado, es un valor estimativo promedio, que surge de la experiencia en el servicio y tiene en cuenta los residuos recolectados de manera domiciliaria, los residuos que surgen de la limpieza de plazas y paseos y de las calles de la ciudad, como también los residuos recolectados de los basurales clandestinos formados por los propios vecinos.

##### 5.1.2 Almacenamiento

En lo que respecta al almacenamiento intradomiciliario, se estima que alrededor de la mitad de los ciudadanos lo realiza principalmente en bolsas plásticas descartables, aproximadamente un tercio emplea envases de plástico, y la sexta parte cajas de cartón. Valoración aproximada ya que el almacenamiento depende de situaciones particulares de los vecinos.

Para el almacenamiento en contenedores en la vía pública, la ciudad cuenta con 11 de ellos, de diferentes volúmenes destinados al almacenamiento de residuos sólidos en general. De estos, 8 son nuevos y todavía no se están empleando en la vía pública, uno se encuentra en el parque industrial, otro se encuentran a disposición de la gente que esté realizando obras, y el último de acuerdo a la necesidad se encuentra en la terminal o en el matadero municipal.

Los cestos de residuos con que cuenta la ciudad, se encuentran localizados en plazas y paseos. Los residuos depositados en éstos, son recolectados por el personal de barrido.

##### 5.1.3 Basurales clandestinos

Otro aspecto resaltante es la acumulación de los residuos sólidos en las vías o espacios públicos, formando pequeños basurales. Muchos de los cuales se encuentran en los ingresos a la ciudad, o en sitios baldíos alejados del centro.

El impacto directo de la acumulación de residuos se da sobre el paisaje, el cual se ve deteriorado por la presencia de estos residuos, además de los malos olores y proliferación de vectores que desfavorecen la salud de la población.



Figura 5.1: Basural en la vía pública



Figura 5.2: Basural en calle Catamarca al ingreso de la ciudad



Figura 5.3: Basural camino al cementerio

#### 5.1.4 Barrido de calles

El barrido de las calles en la ciudad es manual.

El personal destinado al servicio asciende a 40 trabajadores, alcanzando un número mayor en días festivos. Cada uno de los cuales tiene asignado 8 a 12 cuadras para su barrido, servicio que es prestado solo en la parte asfáltica de la ciudad.

El personal presta el servicio de lunes a sábado por la madrugada a partir de las 4 de la mañana, en una jornada de 6hs. Tiempo que puede ser menor, en caso que el trabajador haya culminado su labor.

El personal no cuenta con ropa de trabajo adecuada, y realiza el servicio acompañado de una pala, una escoba y un carrito.

#### 5.1.5 Recolección y transporte de residuos

El servicio de recolección domiciliaria y transporte de residuos es realizado por el propio municipio.

Los residuos provenientes de comercios, domicilios, clínicas, etc. son recolectados de la misma manera, es decir, no hay recolección diferencial. Los vecinos depositan los residuos en la vereda, y en el turno que corresponde es retirado por el servicio de recolección.

El servicio de recolección con excepción de un barrio, durante todo el año, es brindado los días lunes, miércoles y viernes, en dos turnos, por la mañana y por la tarde. Cada turno atiende una determinada zona.

Los días martes, jueves y sábado por la mañana y tarde, se brinda el servicio de recolección al sector centro oeste y este (donde se concentra la mayor cantidad de comercios y servicios) y solo por la mañana al Barrio Néstor Kirchner.

La recolección y traslado del producto de poda de árboles, cascotes, arena, etc., se realiza de lunes a viernes por la mañana y tarde, no pudiéndose establecer una frecuencia, ya que funcionan de acuerdo a órdenes de pedido. Los ciudadanos si necesitan el servicio, lo solicitan en la Secretaría de Obras Públicas, se generan las órdenes y el personal va hacia el lugar a recolectar.

#### 5.1.6 Tratamiento de RSU

No existen actividades de tratamiento, separación o reciclaje de manera formal en la ciudad. Sin embargo, los basurales son visitados por familias que viven de la clasificación y venta de los residuos recuperados.

#### 5.1.7 Disposición final

Los residuos tienen como destino final, formar basurales a cielo abierto. El basural principal (uno de los dos reconocidos por el municipio), se ubica en la barrancas del Río Albigasta, frente a la ex curtiembre de la ciudad, localizado en el Barrio Sumampa Sur, entre las calles Estrada y Maldonado. Allí los camiones compactadores depositan los residuos y cada seis meses son compactados por una topadora. Allí también depositan los escombros, y ramas recolectadas, estos tienen como fin formar un bordo en dicho lugar para contener las crecidas que sabe presentar el río cada tantos años. Una de las características negativas del basural, es que al no tener un control ambiental y técnico, creció y muchos vecinos deben convivir con los residuos diariamente. Aquí, no solo los residuos son depositados por el servicio de recolección, sino además por los propios vecinos. (Ver figuras 5.4, 5.5, 5.6 y 5.7)



Figura 5.4: Basural en barrancas del río



Figura 5.5: Separación de residuos realizada por familias



Figura 5.7: Camino al basural



Figura 5.6: Basural cercano a viviendas

Las barrancas del río, no es el único destino de los residuos. Existen distintos puntos de la ciudad donde la misma se deposita, formando también basurales a cielo abierto. La característica de éstos, es que se encuentran también cercanos al río y en propiedades privadas. En general, los dueños de dichas propiedades solicitan a los recolectores (no al municipio) que depositen la basura allí, para que ésta sirva de alimento a los cerdos. Todos los basurales, son visitados por familias, que viven de la clasificación y venta de cartón, plástico, vidrio, etc. Uno se encuentra ubicado entre calle Sarmiento y Lamadrid, antes de llegar al río, (ver figura 5.8, 5.9 y 5.10) y el segundo entre calles Charcas y Hna. Lina, donde terminan ésta. En otro caso, los residuos provenientes de la zona donde recolectan mayor cantidad de residuos patógenos, son depositados en un campo privado (ubicado sobre ruta N° 6, entre el Hipódromo y camino al Taco. Este también es reconocido por el municipio) donde prohíben el acceso a cirujas por la misma razón de la característica que presentan dichos residuos; la particularidad de este basural, es que, en algún tiempo el municipio retiró tierra de allí para realizar obras públicas, y actualmente con la basura están rellenando (ver figura 5.11).



Figura 5.8: Descarga de residuos.



Figura 5.9: Separación de plástico realizada por familias



Figura 5.10: Separación de residuos



Figura 5.11: Basural

## 5.2 ASPECTOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS DEL ACTUAL SGRSU

La recolección de residuos, depende de la Municipalidad y está a cargo de la Secretaría de Obras y Servicios Públicos de la ciudad. Alrededor de treinta y ocho (38) personas están asignadas a las tareas correspondientes a la recolección, transporte y disposición final de los residuos, cuarenta (40) personas a las tareas de barrido y alrededor de doce (12) personas a las tareas de limpieza de la ciudad, actividad que corresponde a la remoción de basurales, escombros y poda en la vía pública.

El municipio dispone de cuatro (4) camiones con cajas compactadoras, tres de marca Volkswagen, dos de ellos con capacidad aproximada de 5000 kilos y el otro de 7000 kilos; y uno marca Iveco de 7000 kilos aproximadamente de capacidad.

Además cuenta con cinco (5) camiones volcadores de 6m<sup>3</sup> de capacidad aproximadamente también marca Volkswagen, de los cuales tres se afectan al servicio de recolección. Los camiones volcadores se emplean para la recolección y traslado del producto de poda de árboles, cascotes, arena, etc., funcionando de lunes a viernes por la mañana y tarde, no pudiéndose establecer una frecuencia, ya que funcionan se acuerdo a ordenes de pedido. Para prestar este servicio el municipio cuenta también con tres palas cargadoras, una propia y dos contratadas.

Para el servicio de recolección se opera con 3 camiones compactadores (el cuarto se emplea en caso de inconvenientes de reparación en alguno de los otros, o es un camión que se encuentra fuera de servicio por desperfectos técnicos). Los cuales son empleados en los turnos en que se divide el servicio, a la mañana y a la tarde. Por cada camión trabajan 4 recolectores y 1 chofer.

El servicio de recolección con excepción de un barrio se presta los días lunes, miércoles y viernes en dos turnos de 6 horas, de 7hs a 13hs y de 13hs a 19hs (ver cuadro 5.1), por lo que en general están afectados al servicio de recolección 6 choferes y 24 recolectores.

Cuadro 5.1: Turnos del servicio de recolección

| Ubicación                         | Turno                       |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| De la vía de ferrocarril al este  | Turno mañana, de 7hs a 13hs |
| De la vía de ferrocarril al oeste | Turno tarde, de 13hs a 19hs |

La ciudad está planteada en seis zonas de recolección como muestra la figura 5.9. Los números representan la zona asignada a cada camión según el turno.

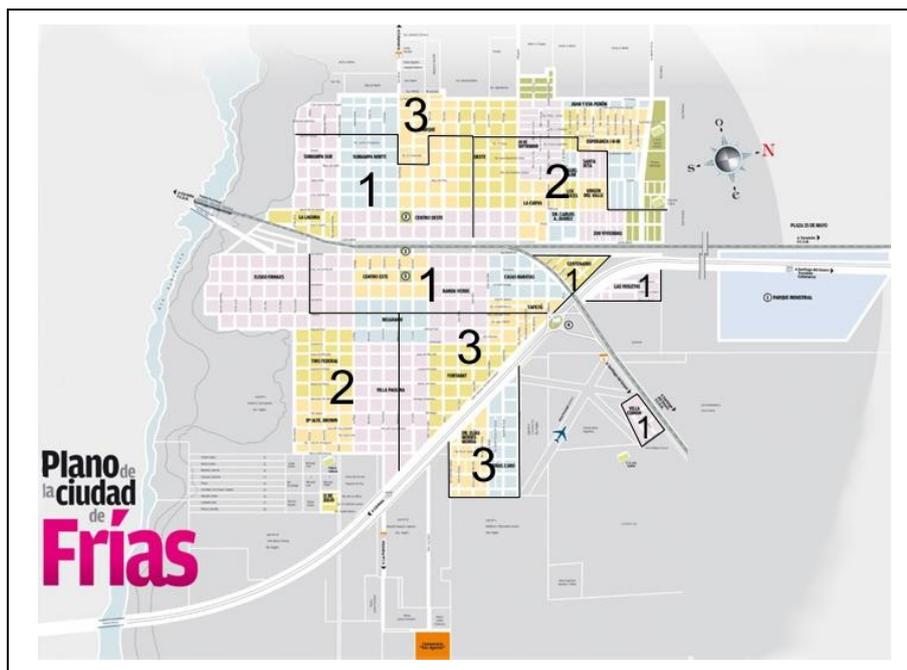


Figura 5.9: Zonas de recolección en que está dividida la ciudad

En general los días lunes y viernes, son los días de mayor recolección, por lo que muchas veces los camiones deben realizar dos viajes para cumplir con el servicio.

Actualmente, el destino final de los residuos, es el basural que se encuentra más cercano a la zona de recolección.

Los días martes, jueves y sábado por la mañana y tarde con un solo camión por turno, se realiza la recolección nuevamente en el sector centro oeste y este; y solo por la mañana en el Bº Néstor Kirchner. En este caso se encuentran afectados al servicio de recolección 2 chóferes y 6 recolectores.

Otro aspecto a tener en cuenta, es el punto de abastecimiento de combustible de los camiones. El cual es positivo, ya que el predio de Obras Públicas, lugar donde se guardan los camiones, cuenta con un depósito surtidor de diez mil (10000) litros. El consumo promedio diario de gasoil por camión es de 19 litros, trabajando por la mañana y por la tarde.

### 5.3 ASPECTOS ECONÓMICOS

Como no pudo obtenerse información precisa sobre los ingresos que obtiene el municipio mediante el cobro de impuestos, ni el presupuesto anual destinado al servicio de recolección de residuos, solo se analizan los costos del mismo.

Los costos de operación del sistema están referidos al sueldo de personal encargado de la recolección de residuos, barrido y limpieza, así como la ropa destinada para ellos, elementos y equipos de trabajo, combustible y mantenimiento de camiones. De acuerdo a información brindada por el Secretario de Obras y Servicios Públicos del municipio, en promedio, los costos mensuales de operación que son asignados al actual servicio de recolección, se estiman en \$332.297,968 aproximadamente. En la tabla 5.1 se muestran los componentes asignados al servicio, cantidad, costo unitario y costos totales, datos aproximados que fueron brindados por personal de la Secretaría de Obras y Servicios Públicos. Con lo que exhibe un egreso anual de aproximadamente \$3.987.575,616 en promedio:

Tabla 5.1: Evaluación de costos del servicio de recolección

| Componente  | Cantidad | C. Unitario                | C. Total                |
|---|----------|----------------------------|-------------------------|
| Personal de barrido   | 40       | \$ 2.540,00                | \$ 101.600,00           |
| Personal de limpieza  | 6        | \$ 2.540,00                | \$ 15.240,00            |
| Personal encargado de conducir camión volcador y pala cargadora                     | 6        | \$ 3.810,00                | \$ 22.860,00            |
| Personal de recolección de residuos urbanos   | 30       | \$ 2.540,00                | \$ 76.200,00            |
| Personal encargado de conducir camión recolector de residuos                        | 8        | \$ 3.810,00                | \$ 30.480,00            |
| Combustible ( litros de gasoil)   | 912      | \$ 6,489                   | \$ 5.917,968            |
| Mantenimiento de camiones, bolsas de polietileno, ropa para personal de recolección |          |                            | \$ 80.000,000           |
|   |          | <b>Costo Total Mensual</b> | <b>\$ 332.297,968</b>   |
|   |          | <b>Costo Total Anual</b>   | <b>\$ 3.987.575,616</b> |

## 5.4 PROBLEMÁTICA QUE PRESENTAN LOS RESIDUOS

La problemática asociada al manejo de los residuos sólidos urbanos constituye una preocupación creciente para el gobierno local y para la población en general.

La gestión inadecuada, e insuficiente de los RSU tiene como una de las principales consecuencias la presencia de basurales a cielo abierto. La urgencia de la erradicación de los mismos y de implementar medidas para evitar su formación, se debe a la enorme fuente de contaminación que constituyen tanto para el ambiente natural, como para el social, afectando los recursos naturales, la salud de la población y la calidad de vida en general.

Los basurales a cielo abierto presentes en la ciudad, no tienen control alguno. Con el paso del tiempo, crecen, se expanden e invaden espacios vitales o de esparcimiento, como así también desmejoran la imagen de la ciudad ya que las bolsas o papeles por efecto de los vientos frecuentes se dispersan por distintos lugares.

Uno de los problemas que presentan los basurales, se debe a que se encuentran ubicados cercanos al Río Albigasta. Al no haber control de lixiviados, éstos pueden contaminar las napas subterráneas del mismo.

Por otro lado, la basura es empleada como alimento para cerdos, que sirven no solo para consumo de sus propietarios sino que muchas veces son vendidos para consumo de otras personas, lo que trae aparejado la proliferación de ciertas enfermedades.

Una cuestión fundamental que incide negativamente en cualquier gestión que se desee implementar, es el escaso conocimiento que la población tiene sobre el manejo de los residuos y la escasa concienciación sobre el tema, en general la gente no indaga sobre el destino final de la basura. Es importante, un cambio de cultura, no solo con el fin de promover la minimización y recuperación de los residuos sólidos, sino para propiciar la educación y conciencia ciudadana en el hecho de no arrojar la basura en cualquier lugar y formar pequeños basurales que quebrantan la imagen de la ciudad y molestan a otros vecinos, en respetar los horarios de recolección y sacar la basura unas horas antes, etc.

## CAPÍTULO VI

### ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN DE LOS RSU DE FRÍAS

#### 6.1 INTRODUCCIÓN

Las cantidades de residuos sólidos generadas y recolectadas son de importancia crítica para determinar el cumplimiento de los programas de desviación de residuos; para seleccionar equipamiento específico y para el diseño de los recorridos de recolección, instalaciones de clasificación y centros de disposición final.

La razón principal para medir las cantidades de residuos sólidos generadas separadas para el reciclaje y recolectadas para un procesamiento adicional o para su evacuación final, es obtener datos que se puedan utilizar para desarrollar e implementar programas efectivos de gestión de residuos sólidos.

Para determinar volumen, cantidad, y composición de los residuos sólidos urbanos, y caracterizarlos, se tuvo en cuenta la metodología establecida en la Norma IRAM 29523: Determinación de la composición de residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo.

Para la caracterización, se realizó un análisis de las cargas entrantes a distintos basurales. Como consecuencia de que existieron ciertas limitaciones relacionadas con el plazo de duración del proyecto, es que se realizó dos eventos de muestreo (uno en el mes de septiembre y el otro en el mes de noviembre). Este condicionante requirió que los datos se cotejaran con información de estudios realizados en ciudades de similares características. Las muestras se realizaron en dos zonas, una de característica socioeconómica media y otra de característica media baja y baja.

#### 6.2 ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

Para realizar el estudio de caracterización, se tuvo en cuenta los procedimientos establecidos en la Norma IRAM para medir la composición de los RSU sin previo tratamiento empleando una clasificación manual.

Los procedimientos tienen en cuenta métodos estadísticos para predecir la cantidad total de residuos y la composición de los mismos analizando pequeñas muestras. Esta técnica intenta obtener una muestra al azar que sea representativa del total. Para una mejor caracterización deberían realizarse las muestras cuatro veces a lo largo del año para tomar en cuenta las variaciones estacionales.

#### 6.3 MUESTREO Y CLASIFICACIÓN MANUAL

##### 6.3.1 Muestreo de los Residuos

Por razones de tiempo, se realizaron solo dos muestras. Primero se analizó la característica socioeconómica de las zonas en que está dividida la ciudad, de manera que las muestras presenten características socioeconómicas distintas; las muestras se tomaron en forma aleatoria desde el vehículo que arribaba al basural.

En función de la limitación antes dicha, y por falta de información respecto a cantidad de habitantes por nivel socioeconómico, las muestras tomadas se consideran representativas de la población en estudio, y por ello se emplea el promedio simple en el cálculo.

Dadas las dificultades que se presentaron en los basurales, como ser presencia de cerdos o personas trabajando en la clasificación de la basura, es que se solicitó a los operarios del camión, que descarguen una determinada cantidad de residuos en un área aislada del sitio de descarga con el objeto de facilitar la recolección de la muestra. Dicha cantidad descargada, tenía un peso

estimativo de 100 y 150 Kg. De esta muestra, se extrajo una porción de residuos de 20 Kg, previo mezclado, para la clasificación y categorización respectiva.

Por otro lado, las muestras fueron tomadas de manera de excluir elementos de gran tamaño.

### 6.3.2 Proceso de muestreo y Clasificación de los Residuos

El proceso de muestreo propiamente dicho se efectuó en las siguientes etapas:

- a) Preparación del área de deposición y clasificación: Se generó un espacio limpio de superficie necesaria para la deposición de los residuos, y otro para realizar la clasificación de un área suficiente para colocar los elementos necesarios para la categorización y posterior pesaje de los componentes.
- b) Preparación de los elementos necesarios para la categorización: Se pesó y registró la tara de todos los recipientes empleados para la clasificación. Los recipientes empleados tenían una capacidad de 6 a 10 litros. Se colocaron los mismos alrededor de la muestra a clasificar. Además se empleó:
  - Báscula de precisión mínima de 50 gramos y capacidad máxima de 50kg.
  - Elementos de seguridad: guantes y barbijos.
  - Planilla de categorización.

| Planilla recolección de datos |      |     |  | Planilla de categorización          |                     |                     |               |
|-------------------------------|------|-----|--|-------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------|
| <b>Tara de recipientes</b>    |      |     |  | Zona Nº:                            |                     | Muestra Nº:         | Fecha:        |
| Balde Nº1                     |      |     |  | Kg aprox. de residuos en el camión: |                     | Volumen:            |               |
| Volumen:                      | Its: | m3: |  |                                     |                     |                     |               |
| Peso (kg):                    |      |     |  | Residuo                             | Kg total de residuo | Peso del recipiente | Kg de residuo |
| Balde Nº2                     |      |     |  |                                     |                     |                     |               |
| Volumen:                      | Its: | m3: |  |                                     |                     |                     |               |
| Peso (kg):                    |      |     |  |                                     |                     |                     |               |
| Balde nº3:                    |      |     |  |                                     |                     |                     |               |
| Volumen:                      | Its: | m3: |  |                                     |                     |                     |               |
| Peso (kg):                    |      |     |  |                                     |                     |                     |               |
| Bal de Nº4                    |      |     |  |                                     |                     |                     |               |
| Volumen:                      | Its: | m3: |  |                                     |                     |                     |               |
| Peso (kg):                    |      |     |  |                                     |                     |                     |               |
|                               |      |     |  | <b>Obtención de densidad suelta</b> |                     |                     |               |
|                               |      |     |  | Balde Nº:                           | Volumen:            |                     |               |
|                               |      |     |  | Peso vacío (Kg):                    | Peso lleno (kg):    |                     |               |
|                               |      |     |  | Densidad:                           |                     |                     |               |

Figura 6.1: Planillas de recolección de datos y categorización

- c) Control de ingreso de vehículos: Al ingresar el camión al basural, se interrogó al conductor del mismo de manera de obtener información sobre las características del residuo, zona de recolección, tipo de residuo recolectado y lugar de origen (barrio).
- d) Descarga: Se solicitó a uno de los recolectores, que realice la descarga de una porción de residuos en el área destinada a tal fin.
- e) Muestreo: De la porción separada, se tomó aleatoriamente una muestra de 20kg. Luego se abrieron las bolsas y distintos embalajes que contenían los mismos.
- f) Categorización: Se procedió a separar cada componente de acuerdo al tipo de residuo, y colocarlos en los recipientes correspondientes.

- g) Pesaje: se pesó cada uno de los recipientes, los cuales estaban previamente tarados, y se volcó los resultados en una planilla.

Por otro lado, se llenó uno de los recipientes previamente tarado y de volumen conocido hasta su enrasado en el borde superior. Este recipiente se pesó nuevamente con su carga extra. Esto tuvo como finalidad obtener la densidad de los residuos recolectados.

Finalmente se limpió la zona de descarga y clasificación de los residuos.

## 6.4 PROCESAMIENTO DE DATOS Y RESULTADOS

### 6.4.1 Introducción

Los datos relevados a través de planillas durante el trabajo de muestreo, fueron volcados digitalmente en planillas para su análisis. Se determinó el porcentaje de cada uno de los componentes calculando la fracción de masa del componente y la fracción de masa promedio del componente para un periodo de estudio según lo establece la Norma IRAM.

### 6.4.2 Composición por componente

La composición del residuo sólido se expresa como fracción de masa del componente  $i$  en la mezcla del residuo sólido (expresada en forma decimal o como porcentaje). El reporte se basa en el peso húmedo, es decir en el peso de los materiales obtenido inmediatamente luego de la clasificación.

La fracción de masa del componente  $i$  ( $mfi$ ) se determina de la siguiente manera:

$$mfi = \frac{wi}{\sum_{i=1}^j wi} \quad (1)$$

Siendo:

- $w_i$ : la masa del componente  $i$ ;
- $j$ : la cantidad de componentes del residuo

En caso que el contenedor es utilizado para almacenar y pesar los materiales:

$$wi: \text{ peso total} - \text{ peso o tara del contenedor} \quad (2)$$

El porcentaje del componente  $i$  ( $P_i$ ) se determina de la siguiente manera:

$$Pi = mfi \times 100 \quad (3)$$

Para que el análisis sea correcto, el denominador de la ecuación (1) debe ser el peso total de la muestra.

$$\sum_{i=1}^j P = 100 \quad (4)$$

La fracción de masa promedio para cada componente durante el periodo de estudio se calcula a partir de los datos provenientes de cada una de las muestras a analizar. La fracción de masa del componente  $i$  ( $mfi$ ) se calcula:

$$mfi = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (mfi)_k \quad (5)$$

Y el porcentaje promedio del componente i (Pi), es calculado de la siguiente manera:

$$Pi = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n (Pi)_k \quad (6)$$

Siendo:

- n: el número de muestras

### 6.4.3 Resultados Obtenidos

La generación de RSU está íntimamente relacionada con la cantidad de habitantes que posee la ciudad así como sus costumbres y hábitos de consumo que son los que determinan la generación per-cápita de residuos. Según censo realizado en 2010, Frías posee una población de 33.535 habitantes. En base a éste dato y del censo 2001, se realizó un pronóstico empleando el método de proyección de proporciones adoptando una función logística para estimar la cantidad de habitantes del año 2012 (ver Anexo A). Con lo que se estimó que la ciudad en el año 2012 contaba con alrededor de 35513 habitantes.

Tabla 6.1: Pronóstico de la población de la ciudad de Frías

| Ciudad | Superficie         | Año       |           |           |           |           |
|--------|--------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|        |                    | 1991      | 2001      | 2010      | 2012      | 2022      |
| Frías  | 35 km <sup>2</sup> | Población | Población | Población | Población | Población |
|        |                    | 22048     | 25401     | 33535     | 35513     | 44481     |

Según entrevistas realizadas al personal encargado del servicio de recolección y al Secretario de Obras y Servicios Públicos, se estima que se generan alrededor de 20Tn/día de residuos aproximadamente.

En base a los datos se calcula la generación per cápita (GPC) como:

$$Ppc = \text{Cantidad total de residuos sólidos recolectados (kg/día)} / \text{Población atendida por el servicio (hab)}$$

Con lo que en promedio se calcula que cada habitante genera alrededor de 0,56 Kg/hab-día. Valor que se encuentra por debajo del promedio calculado por la Nación para municipios entre 20000 y 50000 habitantes, pero dentro del rango de GPC obtenido para distintas provincias.

La caracterización física de los residuos se encuentra vinculada principalmente a factores socio-económicos y a las estaciones del año. Analizando las muestras obtenidas e información de otras ciudades, se encuentra que ciertos materiales presentes en los RSU presentan valores que pueden considerarse típicos dentro de un rango de variación (ver Anexo B).

Al analizar los datos basados en valores promedios obtenidos, podemos inferir en la composición típica de los RSU de la ciudad.

En el gráfico 6.1 se puede observar un predominio del componente orgánico con un 43%, seguido por papel, cartón y plásticos con valores entre 19 y 16% respectivamente, lo que indica una posibilidad importante para el reciclado y tratamiento de la fracción orgánica. Por último lo componen vidrio (7%) y metal (4%), y una fracción "otros" del 11% que engloba residuos como pañales descartables, material textil, residuos patógenos, etc.

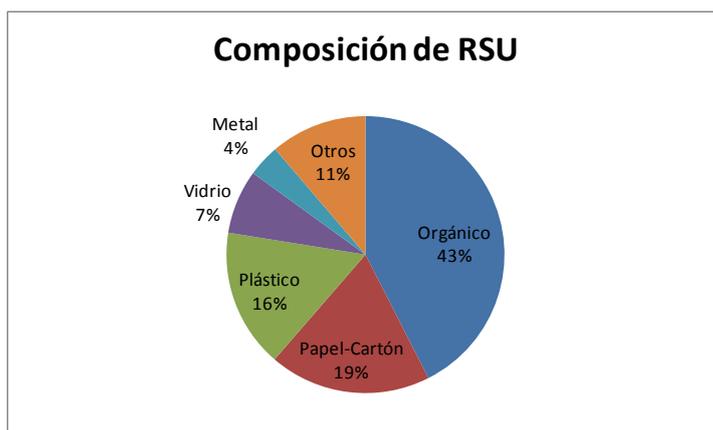


Gráfico 6.1: Composición de los RSU

En el gráfico 6.2 se puede observar la composición de residuos posibles de reciclar. Se observa un 43% de residuos orgánicos, un 11% de otros residuos no reciclables y un 46% de residuos reciclables. De manera que existe una posibilidad importante para el reciclado con aproximadamente un 46% de residuos.

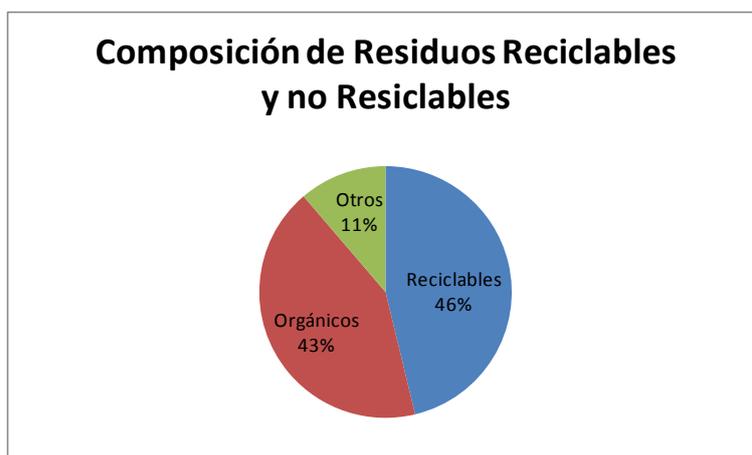


Gráfico 6.2: Composición de residuos reciclables y no reciclables

Estos datos se cotejaron con valores estimativos de la composición física de los residuos en Argentina. A partir de ello podemos decir que la composición de los residuos en la ciudad es la mostrada en la tabla 6.2:

Tabla 6.2: Composición de los residuos en la ciudad de Frías

| Residuos       | % de Composición de los RSU |
|----------------|-----------------------------|
| Orgánicos      | 46,3                        |
| Papel – Cartón | 17,9                        |
| Plástico       | 15,1                        |
| Vidrio         | 6,2                         |
| Metal          | 2,9                         |
| Otros          | 11,6                        |

De las muestras analizadas se observó con respecto a la fracción reciclable, que en promedio del total de papel y cartón, el 52,93% corresponde cartón y el 47,07% a papel; del total de plástico, el 22,28% es PET, 49,99% PE film, 9,78% PEAD, 9,02% Tetra pack y 8,93% otros plásticos; del total de metales, el 59,1% es cobre y aluminio y el 40,9% material ferroso.

En la tabla 6.3 se expone la generación de residuos diaria en base a la población proyectada a partir de los datos del CENSO 2001 y 2010 para los años 2012 y 2022 y partiendo como base del dato de GPC relevado durante el muestreo realizado en la ciudad y el de estudios realizados en otras ciudades. Si bien la GPC es un valor que varía en función de factores económicos se consideró para este tipo de análisis un número fijo promedio para proyectar la generación futura (ver Anexo B).

Tabla 6.3: Generación de residuos para el año 2012 y 2022

| Localidad | Año  | Población | Generación |            |
|-----------|------|-----------|------------|------------|
|           |      |           | Total      | Kg/hab/día |
| Frías     | 2012 | 35513     | 20Tn/día   | 0,56       |
|           | 2022 | 44481     | 26Tn/día   | 0,58       |

Una de las características importantes de los residuos sólidos es su densidad, este valor es utilizado en la fase de recolección y disposición final. Los valores obtenidos de densidad suelta del residuo muestreado dan un valor promedio de 200kg/m<sup>3</sup>.

## 6.5 ESTUDIO DE MERCADO PARA RSU REUTILIZABLES

A pesar de que la lista de materiales potencialmente recuperables es larga, en general –en nuestro país– reconocemos a cuatro de ellos como los principales reciclables pos-consumo, tales como: Papel/cartón, Vidrio, Plásticos (PEAD y PET) y Aluminio.

### Reciclado de Papel y Cartón

La categoría más amplia de generación de basura y de recuperación de residuos son los productos del papel y el cartón.

El papel reciclado se ha utilizado desde hace tiempo como fuente de fibra para aumentar la pulpa hecha a partir de materiales puros (Para la extracción de la pulpa, las fibras de celulosa de las astillas de madera deben separarse de la lignina, que es el componente aglutinante natural de las fibras. El proceso implica luego la inmersión en agua caliente para ablandar la madera y un tratamiento químico o mecánico que ayude a separar las fibras y preparar la pulpa).

Se utiliza además para la fabricación de cartón (cajas de cereales, zapatos) y embalajes (cartón ondulado). Se utiliza también para la fabricación de varios productos de la construcción, como aislantes de celulosa, o materiales para suelos. Otras aplicaciones son artículos para mascotas, bandejas y mantillo de jardín.

El símbolo estándar del reciclado, utilizado en todo el mundo, es el triángulo de flechas que forma una cinta de Möbius.

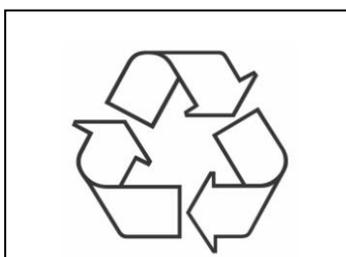


Figura 6.2: Símbolo estándar del reciclado

En los productos de papel, cuando las flechas se encuentran solas, coloreadas o no, significa que el producto es reciclable. Cuando las flechas se hallan dentro de un círculo, significa que el producto está fabricado a partir de materiales reciclados.

El mercado tradicional del papel/cartón mantiene una estructura de precios relativos que depende en gran medida de las características, composición y grado de contaminación del papel recogido.

Cuadro 6.1: Calidades usuales papel/cartón para reciclar

| TIPO                         | CARACTERÍSTICAS  | EJEMPLOS  |
|------------------------------|--|---|
| <b>BLANCO 1 U OBRA</b>       | Papel blanco sin ningún tipo de impresión, con 100% de base celulosa (eventualmente puede contener no más de 30% de papel semiquímico).      |   |
| <b>BLANCO 2 O FORMULARIO</b> | Papel blanco con impresión sobre una sola cara, con 100% de base celulosa (eventualmente puede contener no más de 30% de papel semiquímico). | Formulario continuo, papel p/fotocopias impreso, cartas originales.   |
| <b>BLANCO 3 O PLANILLA</b>   | Papel blanco con mayor impresión, con más de 70% de base celulosa. Inscripción en ambas caras.   | Cheques, facturas con color, cuentas de electricidad – gas - agua, con colores.                                     |
| <b>MIXTO O COLOR</b>         | Papel de color o papel con mucha impresión.  | Libros, papel esmaltado o estucado, autocopiativo color, reciclados, revistas con alto colorido, troquelado dúplex. |
| <b>CAPA BLANCA</b>           | Desmante de bobinas de diario.   |   |
| <b>KRAFT</b>                 | Papel fabricado con celulosa Kraft.  | Bolsas para cemento, azúcar y harina.   |
| <b>DIARIO</b>                | Papel cuya base es principalmente pulpa mecánica   | Guías telefónicas, diarios.   |
| <b>CARTON CORRUGADO</b>      | Cartón fabricado en forma de sandwich con papel Kraft.   | Cajas de embalajes.   |

Fuente: Fundación Senda

Los beneficios ambientales que implica su reciclaje son:

- Se aprovecha el papel y cartón ya fabricados, evitando que termine en un vertedero: por cada 700 Kg. de papel que reciclamos ahorramos en vertedero un espacio equivalente a un automóvil;
- Ahorra agua: se gasta 100 veces menos para reciclar el papel que para fabricarlo a partir de madera;
- Ahorra energía: reciclando el papel, se gasta un 70% menos de energía.

## Reciclado de plástico

El término plásticos engloba una amplia variedad de resinas o polímeros con diferentes características y usos.

Aunque el símbolo de las tres flechas tiende a interpretarse como producto reciclable, en el caso de los plásticos solo el tereftalato de polietileno (PET o PETE) y el polietileno de alta y baja densidad (HDPE y LDPE) son los realmente reciclables en grado significativo.

Cuando los plásticos se reciclan, a menudo es importante separarlos cuidadosamente por tipo de resina y color. Las resinas diferentes tienen puntos de fusión distintos, de manera que si un lote de plásticos mezclados se calienta y moldea en productos nuevos, algunas resinas podrían no fundirse en absoluto y otras quemarse. Una simple botella de PVC en un lote de PET, por ejemplo, puede arruinar el lote entero y dañar la maquinaria de fabricación.

El reciclado de los plásticos encuentra aplicación en diversos productos. Las botellas de PET reciclado, por ejemplo, se transforman en fibras de calidad para chaquetas y otras ropas de exterior, así como material de relleno para cojines. También se utilizan para la fabricación de alfombras, tablas de surf, cascos de barcos pesqueros, así como botellas nuevas de PET para refrescos. El HDPE y el LDPE se reciclan a menudo en botellas de detergente, cubos de basura y cañerías de drenaje.

El PVC en la cadena de residuos plantea problemas particulares. Como ya se ha mencionado, pequeñas cantidades de este material pueden causar graves problemas de contaminación en el PET reciclado. También es una fuente de problemas de contaminación del aire potencialmente serio si termina incinerado. A elevadas temperaturas, el cloro de PVC se combina con el hidrógeno para formar cloruro de hidrógeno tóxico, el cual puede liberarse a la atmósfera.

La gran diversidad de materiales plásticos ha llevado a crear una variada tipología para identificarlos. En este caso, las flechas del anillo - señal de que puede reciclarse de alguna forma - son más estrechas y contienen un número que indica el tipo de resina utilizada en el plástico y unas letras que señalan el tipo de material.

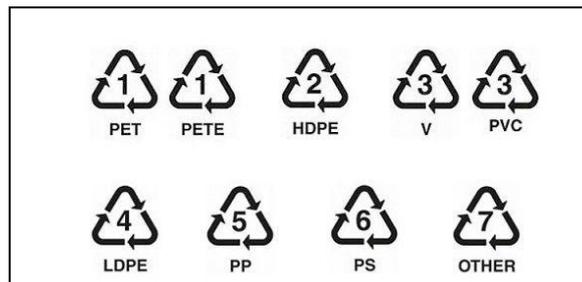


Figura 6.3: Forma de identificación y tipos de resina en plásticos

Los beneficios ambientales que trae su reciclaje son:

- Reduce el consumo de petróleo: para cada kilogramo de plástico no reciclado se necesitan 2 kilogramos de petróleo crudo;
- Ahorra energía: se puede llegar a ahorrar entre un 30 y un 70 % de la energía cuando se recicla el plástico;
- Evita la contaminación del aire: porque en el proceso de extracción y fabricación se emite una gran cantidad de gases contaminantes;
- Se aprovechan materiales que pueden tener una segunda vida.

#### Reciclado de Aluminio

Por varios motivos, el material de mayor valor en el programa de reciclado urbano es el de latas de aluminio. Una tonelada de aluminio es típicamente 10 veces más valiosa que una tonelada de PET o HDPE, y genera en el orden de 20 veces los ingresos por tonelada que el vidrio, latas de acero o periódicos. Este incentivo económico es directamente atribuible al hecho de que el aluminio reciclado utiliza solo del 2 al 3% de la energía necesaria para fabricar aluminio nuevo a partir de bauxita.

El reciclado del aluminio no solo ayuda a reducir las demandas de vertederos, sino que con ello se ahorran grandes cantidades de energía también.

Una figura importante dentro del mercado intermedio, en el que deberán actuar los responsables de un proyecto de recuperación de aluminio, es la del convertidor a los que en el caso del aluminio y otros metales se denomina también refinadores.

Estos refinadores producen las aleaciones llamadas secundarias –calidades de aluminio con diferentes propiedades específicas, sean normalizadas o no, que se obtienen a partir del agregado de otros materiales (silicio, cobre, níquel, etc.)- y utilizan para ello aluminio recuperado con diferentes requerimientos de no contaminación y homogeneidad en función de la calidad de la aleación que deban producir.

Esto abre, para los recuperadores, la posibilidad de incorporar algunos procesos en pos de obtener un mejor precio –el aluminio recuperado se comercializa a valores que van del 40% al 90% del precio del material virgen y las latas de gaseosa se pagan entre 600 y 700 \$/Tn.- y aun considerando que la mayor porción del aluminio contenido en residuos domiciliarios estará constituida por elementos tales como:

- Latas de gaseosa.
- Foil y bandejas de lámina de aluminio.
- Aerosoles.
- Pomos.
- Tapas de botella, etc.

Es posible pensar en incorporar operaciones destinadas a eliminar materiales extraños, quitar restos de orgánicos, remover las válvulas de los aerosoles, reducir el volumen para optimizar el transporte (un aplastado moderado, para muchos compradores, preferible a los panes compactos en orden de permitir verificar la ausencia de contaminación), en la búsqueda de optimizar el proceso y obtener mejores cotizaciones.

## Reciclado del vidrio

Es bien sabido que el vidrio, junto con el papel/cartón constituyen los materiales que, en nuestro país, poseen los mercados de reciclables más amplios, voluminosos y mejor estructurados. Esto se debe no solo a la antigüedad que su producción tiene en el país sino a que, la estructura misma de estas dos industrias está diseñada a partir de la masiva utilización de material recuperado post-consumo. Es así que la producción de nuevos envases de vidrio comerciales y vajilla (45.000/50.000Tn/mes) incluye entre un 40% y 70% de vidrio recuperado una vez limpio y triturado al tamaño "boca de horno" (dimensión máxima 10 mm).

El vidrio recuperado que se utiliza para la fabricación de nuevos envases necesita separarse por color: transparente, verde (esmeralda) o marrón (ámbar). Una vez que el vidrio recuperado se ha separado por colores, y las capas y anillos metálicos retiradas, es necesario romperlo en pequeños trozos, denominados cullet. El vidrio tiene la propiedad inusual de ser 100% reciclable; es decir, la misma botella puede fundirse y volver a fabricarse una y otra vez sin degradación alguna del producto. Además, el cullet funde a una temperatura inferior de lo que lo hacen las materias primas de las que se fabrica el cristal (arena de silicio, carbonato de sodio y caliza) lo que ayuda a ahorrar energía. A pesar de ello en Argentina, muchos que exploran un proyecto de valorización de estos residuos no exploran la alternativa de ofrecer material ya separado por color, libre de contaminación y en las condiciones granulométricas requeridas.

También permanecen poco exploradas, en nuestro país, las posibilidades que, para el vidrio recuperado y procesado, pueden brindar otras industrias, como la fabricación de solados (pavimentos, baldosones) con agregado de vidrio pulverizado, la del vidrio artístico, aislaciones de fibra de vidrio, pinturas reflectantes, de los procesos de arenado y, el más tradicional, mercado de botellas enteras.

Los beneficios ambientales que implica su reciclaje son:

- Se aprovecha todo el material y mantiene íntegras todas sus propiedades tras el reciclado;
- Ahorra energía: con la energía que se ahorra al reciclar una botella podría funcionar una bombilla de 100 vatios durante 4 horas;
- Reduce la necesidad de nuevas materias primas. Por ejemplo, 3.000 botellas equivalen a más de una tonelada de materia prima;
- Reduce la cantidad de residuos en los vertederos: por cada 3 botellas que se reciclan, se evita la deposición de un kilogramo en el vertedero.

Por último, y de cara a la posibilidad de un proceso de reciclaje, se ha efectuado un preliminar estudio del mercado de los residuos en Argentina (abril 2013), encontrándose algunos valores actuales indicativos. Los precios por kilo fueron consultados a empresas que compran o venden materiales reciclables en todo el país (Ecotécnica del Pilar, Corpa SA), y datos de cooperativas de Córdoba que venden estos productos.

Los metales son los que más se cotizan. El cobre es el más caro, seguido por el bronce y el aluminio, que rondan entre los 6,8 pesos el kilo dependiendo de las características. Tienen valor internacional, cotizan en bolsa, hay un mercado regulador. Los metales ferrosos están alrededor de 1 \$/kg.

El papel, según sus distintas calidades, varía de \$0,60 a \$1,1 por kg. Los que mejor cotizan son los papeles blancos -aunque estén escritos o impresos- y los de menor valor son los "papeles de

colores" como diarios, revistas, folletos, etc. El cartón tiene un valor intermedio que ronda los \$0,65 y \$0,92 por kilo.

El mercado del plástico es mucho más diverso, hay muchas categorías, calidades, y detalles a tener en cuenta. Por lo mismo, los valores son muy diversificados. Según su consistencia y color los envases PET se venden entre \$1,65 y \$2,30 el kg de material enfardado o por ejemplo las tapitas se cotizan alrededor de \$3,5 el kilo, el PEAD alrededor de \$1,70 por kilo, PE film 0.30 \$/kg, Tetra pack 0,60\$/kg.

El precio del vidrio, que se rompe para lograr mayor peso en menor volumen, tiene un precio de compra bastante exiguo, ronda los 10 o 25 centavos el kilo y un poco más como botellas sanas a granel. También tiene influencia en su precio la distancia de recorrido al comprador. Mendoza es el principal comprador.

Las empresas recicladoras se concentran principalmente en las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, y Mendoza, también hay empresas en San Luis, Neuquén, Chaco, y Entre Ríos.

## CAPÍTULO VII

### SELECCIÓN DEL SITIO

#### 7.1 Introducción

En base a información brindada por secretarios de la Municipalidad de la ciudad, se llegó a la conclusión que la ciudad posee dos sitios de posible ubicación para la instalación de una planta de tratamiento y disposición final de los residuos.

Para seleccionar la localización, se debe tener en cuenta de que el sitio permita acomodar las instalaciones de procesamiento, las distintas áreas, los accesos y circulaciones sin entrar en conflicto con las actividades de predios vecinos.

El artículo 72 de la ley provincial 6321/96 establece que debe realizarse previa localización de sitios de disposición final, un estudio de impacto ambiental considerando salud, seguridad, accesibilidad, una investigación geológica e hidrogeológica para analizar el tipo de suelo que posee y capacidad de drenaje, presencia de aguas subterráneas y su profundidad, etc.

En vías de analizar la conveniencia de uno u otro sitio, se compararon las características de los terrenos, servicios públicos, vías de acceso, urbanización, etc.

#### 7.2 Alternativas de Ubicación

##### Alternativa I

- a) Ubicación: Se encuentra ubicada sobre el sector noreste de la ciudad, en el Parque Industrial, a 5,6 km del punto medio de la ciudad, sobre mano derecha de Ruta Nacional nº 157. Precisamente se plantea la ubicación en un terreno donde se encuentra un pozo de 2 ha.



Figura 7.1: Imagen aérea del terreno propuesto para alternativa I

- b) Accesibilidad: Se accede al sitio por Ruta Nacional 157. La entrada se encuentra a 50 metros sobre la ruta.
- c) Disponibilidad de terreno: el Parque Industrial cuenta con 168 ha. Para la instalación de la planta se prevé necesario un mínimo de 3 ha, de manera que hay terreno suficiente para instalarla allí. Estas hectáreas fueron expropiadas por la Municipalidad.

d) Característica del suelo (ver figura 7.2):

- En mayor proporción:
  - Orden principal: Molisol
  - Textura superficial: Franca (posee menos de un 52% de arena, y entre 10 a 30% de arcilla)
  - Pendiente: 5%
- En menor Proporción:
  - Orden principal: Entisol
  - Textura superficial: arenosa (posee por lo menos 85% de arena)
  - Pendiente: 1%



Figura 7.2: Suelos característicos del sector alternativa I

- e) Urbanización: las tendencias de crecimiento urbanístico de la ciudad indican que el mismo se desarrollaría hacia el sector este de la ciudad, y noreste, sin embargo en este último la urbanización posible es limitada. A la altura del Parque Industrial, la urbanización es inexistente.
- f) Distancia de transporte: el sitio se ubica a una distancia relativamente próxima a la ciudad. A 4,1 km del punto más cercano y a 7,55km del punto más lejano.
- g) Disponibilidad de servicios públicos: el Parque cuenta con red de energía de 33.000v, red de gas, y agua potable subterránea. Se habilitó a una empresa telefónica para instalar líneas e Internet y se construyó una extensión del ferrocarril. En el terreno que se propone se deben realizar las extensiones e instalaciones para disponer de los servicios.
- h) Punto distintivo: Posee un pozo de 2 ha de superficie, con una profundidad de 3,5 metros. Punto que se tendrá en cuenta como posible ubicación de un Relleno Sanitario.

Alternativa II:

- a) Ubicación: Se encuentra ubicada al sudeste de la ciudad, en el terreno donde se halla además la planta de tratamiento de efluentes cloacales. Entre el puesto caminero N° 11 y el puente carretero que marca la frontera entre Santiago del Estero y Catamarca.



Figura 7.3: Imagen aérea del terreno propuesto para alternativa II

- b) Accesibilidad: se accede al sitio sobre Ruta Nacional 157, a 0,44km de la caminera. La entrada se encuentra sobre mano izquierda a 2,12 km sobre la ruta.
- c) Disponibilidad de terreno: La planta de tratamiento de líquidos cloacales esta erigida en un predio de 32 ha que fueron expropiados. La planta ocupa 24 ha, con lo que queda disponible 8ha para la posible instalación de una planta de tratamiento de residuos sólidos.
- d) Característica del suelo
  - Orden principal: Entisol
  - Textura superficial: Arenosa
  - Pendiente: 1%
- e) Urbanización: las tendencias de crecimiento urbanístico de la ciudad indican que el mismo se desarrollaría hacia el sector este de la ciudad, y noreste, sin embargo en este último la urbanización posible es limitada.
- i) Distancia de transporte: el sitio se ubica a una distancia relativamente próxima a la ciudad. A 4,42km del punto más cercano y a 9,1km del punto más lejano.
- f) Disponibilidad de servicios públicos: el terreno cuenta con cerca olímpica perimetral, casa para el cuidador del predio, una estación transformadora de energía instalada especialmente para el lugar y una perforación de agua.
- g) Punto distintivo: en el terreno está instalada una planta de tratamiento de líquidos cloacales. El agua tratada puede ser empleada como riego de la cubierta forestal que se debe colocar en el perímetro de la posible planta de tratamiento.
- h) Punto negativo: Se ubica próxima del Río Albigasta, a aproximadamente 600 metros.

### 7.3 Análisis comparativo de las alternativas

Para definir cuál de las alternativas presenta una potencial conveniencia para la instalación de una planta de tratamiento, se planteó una matriz de comparación, en la cual se evaluó las condiciones de cada uno de los sitios por medio de determinados criterios de selección.

Para el análisis se consideró una puntuación de 0 a 5, tomando este último como el más favorable, y se asignó el puntaje teniendo en cuenta el impacto que cada uno de los criterios tendrían

en el costo de construcción y operación de la planta, como también los impactos negativos que pudieran ocasionar desde un punto de vista ambiental.

En el cuadro 7.1, podemos observar que cada alternativa presenta ventajas y desventajas, si bien se obtuvo que la alternativa I es la más conveniente, no se puede definir con certeza, ya que se deberían considerar otros criterios importantes, que contemplan estudios más profundos, que por falta de información no pudieron ser considerados al momento de realizar la matriz.

Por otro lado, se debería considerar los puntos característicos que presentan cada una de las alternativas en el análisis económico.

Criterios de selección:

Disponibilidad del terreno: Existencia de terrenos con que dispone el municipio como también la extensión de los mismos con el fin de contemplar futuras ampliaciones.

Impactos de enterramiento: Posible alteración que la instalación y operación del sitio pudiera ocasionar al medio circundante. Esto incluye impacto sobre zonas aledañas, sobre la salud pública, la seguridad y el medio ambiente.

Impacto en el tránsito: Afecciones que el tránsito de los camiones recolectores pudieran ocasionar a la población tanto en zona urbana como sobre ruta nacional.

Potenciales riesgos de accidentes, e incendios: Lugares por los que debe atravesar el camión recolector para acceder al sitio, como cruzar el puente, transitar sobre ruta nacional.

Disponibilidad de servicios públicos: se considera éste aspecto ya que resulta importante para la operación de la planta la disponibilidad de agua potable, energía eléctrica y servicio telefónico en el área administrativa del sitio.

Distancia de transporte: Se considera para tener en cuenta los costos relacionados con el transporte de los residuos, desde el punto de recolección hasta su disposición final.

Condiciones del suelo: Aspectos geológicos que pudieran afectar la operación del sitio, como ser la existencia de suelos adecuados según grado de permeabilidad.

Topografía del sitio: Se tuvo en cuenta en este caso las pendientes mínimas que se pueden obtener para el enterramiento, ya que estas influyen en el escurrimiento de las aguas de lluvia, como también de los lixiviados generados.

Condiciones climáticas: Dirección de los vientos dominantes con relación al sitio y a las zonas circundantes.

Uso potencial del sitio luego del cierre: Potencial de uso futuro del sitio una vez que este haya sido clausurado y saneado.

## Matriz de Comparación:

Cuadro 7.1: Matriz de comparación de alternativas de ubicación

| <b>Matriz de Comparación</b>                               |                            |                       |  |
|--|----------------------------|-----------------------|--|
| <b>Criterios de Evaluación</b>                             | <b>Sitios Alternativos</b> |                       | <b>Observaciones</b>   |
|  | <b>Alternativa I</b>       | <b>Alternativa II</b> |  |
| Disponibilidad de Terreno                                  | 5                          | 5                     | Se considera tanto la disponibilidad de superficie necesaria para el período de diseño especificado, como así también las posibilidades de ampliación. En la Alternativa II solo se dispone de 8 has.  |
| Impacto sobre la salud pública, seguridad y medio ambiente | 4                          | 2                     | Ninguna de las alternativas se encuentra próxima a centros urbanos, lo que minimiza la posibilidad de efectos sobre la salud y seguridad de los habitantes. Por otro lado, la Alternativa II se encuentra cercana al Río Albigasta.  |
| Impacto sobre zonas aledañas                               | 3                          | 4                     | Se observa mayor cantidad de zonas agrícolas-ganaderas cercanas a la Alternativa I.  |
| Impacto sobre el tránsito                                  | 4                          | 4                     | En ambos casos, los camiones deben transitar la ruta nacional 157, ruta muy transitada por camiones de gran porte. Pero no interfieren en el tránsito de la ciudad.  |
| Potenciales riesgos de accidentes, incendios               | 2                          | 2                     | El transitar por ruta N° 157, representa un riesgo por presentar un tráfico denso.   |
| Disponibilidad de servicios públicos                       | 3                          | 4                     | En el caso de la Alternativa I, se deben realizar las extensiones para los servicios de electricidad, agua y gas; el parque industrial dispone además de servicio de telefonía. La Alternativa II cuenta ya con una perforación de agua, y una instalación transformadora de energía.  |
| Distancia de transporte                                    | 5                          | 4                     | La alternativa I se encuentra a 4,1 km del punto más cercano de la ciudad, mientras que la Alternativa II a 4,42km.  |
| Condiciones de suelo                                       | 4                          | 2                     | La Alternativa I presenta una combinación de suelos entisoles y molisoles, con un porcentaje de arcilla que oscila entre 10 a 30%, es decir, un grado de permeabilidad moderado. Mientras que la Alternativa II solo entisoles con 10% de arcilla y por lo menos 85% de arena, de manera que son suelos altamente permeables.  |
| Topografía del suelo                                       | 4                          | 3                     | Se puede observar, que las condiciones más favorables para los escurrimientos superficiales, se presentan en el sitio ubicado en la Alternativa I como consecuencia de una pendiente un poco más acentuada. La alternativa I presenta zonas con una pendiente de 5%, mientras que la alternativa II, una pendiente de 1%.  |
| Condiciones climáticas                                     | 3                          | 5                     | Se puede estimar que la dirección de los vientos más frecuentes es noreste, norte y sur. Siendo más intensos los del noreste.  |
| Uso potencial del sitio luego del cierre                   | 5                          | 4                     | En virtud del desarrollo que se puede apreciar en ambas zonas, esta condición puede favorecer al sector de la Alternativa I, ya que se estaría cubriendo un gran pozo con todos los controles necesarios (pozo que actualmente, las empresas situadas en el parque emplean para tirar sus residuos). Por otro lado, podría tener una utilidad importante en el parque. En la Alternativa II, el agua tratada por la planta de tratamiento de líquidos cloacales, puede ser empleada como riego de la cubierta vegetal. |
| Total  | 42                         | 39                    |  |

## CAPÍTULO VIII

### GENERACIÓN, RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RSU: PROPUESTA

#### 8.1 GENERACIÓN DE RSU

##### 8.1.1 Introducción

La generación de RSU en cantidad y composición depende de varios factores, entre los que pueden mencionarse: tamaño, ubicación geográfica y base económica del asentamiento involucrado, y los consiguientes hábitos de consumo de su población.

Es sabido que el problema creado por los RSU en las ciudades grandes, es actualmente mucho más grave que hace unas décadas. No solo debido a la mayor cantidad generada, sino también por su composición, que ha variado sustancialmente por el incremento de la presencia de residuos inorgánicos. Por ejemplo, es creciente la utilización de los envases descartables: metálicos, plásticos o combinaciones de los dos.

La minimización y separación de los residuos en la fuente, es el componente de mayor jerarquía en la administración de los RSU porque representa el medio más eficaz para reducir los costos económicos y los efectos ambientales asociados con el manejo de los residuos.

Una GIRSU requiere de la intervención de diferentes áreas técnicas y de múltiples actores comprometidos según sus roles y responsabilidades, para alcanzar el objetivo final de reducir los residuos generados y enviados a disposición final, mediante la promoción de la recuperación y el reciclaje.

Llevar adelante una gestión integral demanda en una primera instancia de enormes esfuerzos de la gestión gubernamental, para diseñar el sistema y fortalecer las áreas a cargo, que luego deben ser acompañadas con la participación ciudadana, principalmente en la disposición inicial diferenciada, en las acciones para reducir la generación y mejorar hábitos relativos a la higiene urbana. Estos aspectos resultan claves para lograr con éxito las metas de reducción y principalmente para ser sostenibles en el tiempo.

##### 8.1.2 Alternativas para la minimización de residuos en la generación

Para reducir la tasa de generación de residuos se presentan las siguientes alternativas:

###### Sector Comercial

- Copias doble faz.
- Utilización de correo electrónico.
- Circular solamente una copia de material impreso (memos, documentos), utilizar una hoja de ruta indicando quién debe leerlo y quién ya la ha leído.
- Establecer áreas centrales de documentos y de archivos.
- Reutilizar el papel creando anotadores o borradores.
- Reutilizar y devolver cajas de cartón corrugado.
- Vender productos en contenedores reutilizables.
- Proveer productos en cantidad y promover entre los clientes a que compren en cantidad.
- Proporcionar incentivos a los consumidores para que reutilicen los envases de los productos comprados.
- Promover en los consumidores el uso de bolsas de telas o papel, o uso de carrito, ya sea no dando bolsas plásticas al vender o vendiendo un monto mínimo por las mismas.

## Sector Residentes

- Reutilizar todo lo posible objetos que no se agoten con el primer uso, como bolsas, y el papel de ambas caras.
- Pedir a quien nos vende que en nuestras compras utilice la menor cantidad posible de envoltorios o embalaje.
- No usar productos descartables; tratar de comprar productos que duren más y puedan ser reutilizados. Elegir bebidas que se comercializan en envases retornables.
- Implementar práctica de realización de compost en el hogar.
- Reemplazar el uso de bolsas plásticas por bolsas de papel o tela, o el uso de carritos, ya que las bolsas plásticas se degradan en largos periodos de tiempo.
- Implementar práctica de reciclado.
- Evitar comprar alimentos en “bandejitas” de poliestireno.
- Usar pañuelos, servilletas de tela o filtros de café reutilizables en vez de los de papel.
- Dejar en los negocios los envoltorios innecesarios.
- Emplear las bolsas de plástico como materia prima para tejer y realizar trabajos artesanales, o emplearlas para realizar bolsas o bolsos.

Un punto importante y de discusión es el de eliminar el uso de las bolsas plásticas. Un reemplazo para estas serían las bolsas de tela, los carritos, o bolsas biodegradables.

Con respecto a las bolsas biodegradables, en Argentina son pocas las empresas que las fabrican (una en Mar del Plata, otra en Santa Fe y la tercera en Laboulaye, Córdoba) y por lo tanto no podrían contener toda la demanda del mercado a nivel país si se prohíben por completo las bolsas plásticas. Por ahora las bolsas biodegradables son más caras que las de plástico, ya que necesitan un insumo que es importado desde Italia.

Prohibir por completo hoy por hoy en la ciudad de Frías el uso de bolsas plásticas implica invertir en contenedores para los residuos inorgánicos (contenedores comunitarios o pequeños en cada casa) y en bolsas biodegradables para los residuos orgánicos, pero como la comunidad recién comenzaría a trabajar en separación y recolección diferencia este cambio no se puede dar de un día a otro.

Como la mayoría de los ciudadanos de Frías emplean las bolsas plásticas para sacar los residuos de su domicilio, lo que se plantea por el momento es disminuir el uso y circulación de las mismas, y que solo sean empleadas para sacar los residuos.

Para lo cual los comercios (incluidos todos los rubros desde el más grande al más pequeño), no deberían entregar bolsas plásticas y fomentar en sus clientes el no uso de las mismas, o cobrar por ellas. Las bolsas que vendan deben ser de los colores fijados para la separación, y se podrían aprovechar las mismas para brindar instrucciones acerca de qué residuo debe ir en cada una (por ejemplo bolsa verde: residuos orgánicos).

Para poder implementar las prácticas de minimización de residuos se debe propiciar la educación, participación y conciencia ciudadana respecto de los RSU, implementando campañas de comunicación, seguimiento y monitoreo.

## 8.2 ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA

Las operaciones de transferencia llegan a ser necesarias cuando las distancias de transporte a la planta de tratamiento y/o disposición final se incrementan tanto que el transporte directo ya no es económicamente factible.

Los principales beneficios derivados del uso de las estaciones de transferencia pueden resumirse en economía de transporte, ahorro de trabajo, ahorro de energía, reducción de costos por desgaste y roturas de equipos y reducción del frente de descarga en rellenos.

Consideraciones prácticas indican que puede haber ventajas económicas en la implementación de estaciones de transferencia, a partir de:

- Una distancia de 6 km para camiones convencionales.
- Entre 12 y 25 km para camiones compactadores.
- Transporte de hasta 25Tn/día de RSU a distancias mayores a 20 km;
- Transporte de hasta 50Tn/día de RSU a distancias mayores a 15 Km;
- Transporte de hasta 150Tn/día de RSU a distancias mayores o iguales a 10 Km.

En este caso, cualquiera sea la decisión sobre donde instalar la planta de tratamiento (alternativa I o II), las distancias de recorrido al punto más lejano de la ruta de recolección, no superan los 10km, con lo que no es necesaria la implementación de una planta de transferencia.

## 8.3 RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RSU

### 8.3.1 Introducción

La recolección y transporte de los residuos desde los domicilios hasta la planta de separación también está condicionada por la cantidad y composición de los RSU.

La recolección de los residuos en todas las alternativas planteadas se considera diferenciada, es decir, discriminando por tipo de residuo.

En este sentido es importante la inclusión en la gestión de los RSU de acciones destinadas a influir sobre los hábitos de consumo y, al mismo tiempo, a educar para la separación domiciliaria (considerando que el ciudadano pasa de una situación pasiva a desempeñar un papel activo como procesador de los materiales en origen) a fin de minimizar los residuos destinados al relleno y las actividades que se realizan en la planta de separación. Está demostrado que el logro de una eficaz separación en origen, significa la obtención de sensibles diferencias en los costos operativos del procesamiento.

Se ha visto que en las características de esta fase incide principalmente la forma de disposición domiciliaria; es decir si se practica o no la separación en origen y su modalidad.

Cada vez que se tira un objeto a la basura se está desechando además las materias primas con las cuales se fabricó, lo que incluye los recursos naturales empleados en dicho proceso, es decir agua, energía, madera, etc. Esta es una de las razones por las que es tan importante separar los RSU: no solo se revaloriza los materiales recuperables, sino los recursos utilizados en su producción.

Si se separa correctamente los residuos se obtienen materiales que pueden reaprovecharse a través del reciclaje, ya que los mismos se reincorporan como insumo o materia prima a un nuevo ciclo productivo.

Esto permite disminuir la cantidad de residuos que se entierra diariamente en los rellenos sanitarios y, con ello, disminuir la contaminación del suelo, el agua y el aire. La separación en origen colabora entonces con la salud pública y también con una mejor administración del gasto público, ya que coopera en la reducción de la cantidad de toneladas de RSU que se entierran y por los cuales los gobiernos pagan importantes sumas de dinero.

Separar ayuda a la manutención de las familias que trabajan recuperando desechos, y a la generación de puestos de trabajo digno; aumenta la conciencia en la ciudadanía que incorpora la cultura del ahorro y del reciclaje a sus pautas y exigencias cotidianas y con las repercusiones mensurables en el presupuesto familiar y de la comunidad; protege los recursos naturales (renovables y no renovables) y el ambiente; disminuye los costos en traslado de materiales y enterramiento de los residuos.

### 8.3.2 Métodos de recolección

La mayoría de los métodos de valorización requieren la separación en origen de los residuos en diferentes fracciones para alcanzar los mínimos de calidad y rentabilidad que se puedan exigir en

el proceso. Existe un amplio abanico de fracciones en origen, pudiendo ir desde el grado cero, es decir, una recogida mixta en masa, hasta un alto grado de separación específica por materiales.

Una vez separados los residuos en origen, hasta el momento en que son recogidos, estos normalmente se almacenan en la vivienda o en puntos de recogida situados en la calle.

De acuerdo a bibliografías consultadas, en función de la distancia a recorrer por el ciudadano hasta el punto de depósito y recogida de los residuos se pueden distinguir varios niveles de almacenamiento o modos de recolección.

Considerando la densidad poblacional de la ciudad de Frías, y su superficie, solo se analizarán los siguientes:

- Sistema puerta a puerta o recolección domiciliaria: Los residuos depositados en bolsa, en cestos o contenedores están situados en cada puerta, vereda, patio interior u otra zona accesible de la vivienda o edificio. El ciudadano deposita allí los residuos a una determinada hora del día. La distancia que hay que recorrer hasta depositar los residuos es mínima.
- Sistema en Acera o recolección en puntos fijos: Los puntos de depósito se encuentran ubicados cada 50-60 m de la vivienda. Las distancias a recorrer por los ciudadanos no son muy elevadas y la aceptación es buena. En estos puntos se sitúan grandes contenedores de volumen entre 0,8 y 3,2 m<sup>3</sup>. La recogida es más ágil y rápida. Los costes también se reducen considerablemente. Se usa tanto para la recogida en masa como selectiva. El principal problema es la cantidad de contenedores diferentes que se han de poner en los puntos de recogida.

A continuación se plantean distintas formas en que particulares, instituciones y comercios pueden disponer sus residuos para la posterior recolección:

#### 1. Recolección en Puntos Fijos (Con separación en origen de tres fracciones o separación específica)

El municipio puede alentar a sus residentes a llevar los residuos a un punto de recolección común que puede ser fijo o móvil.

Las familias, comercios y bares, realizarían la separación en origen y mediante la colocación de contenedores diferenciados cerrados en puntos estratégicos, verterían allí los diferentes residuos generados, los cuales serían posteriormente retirados por los recolectores y dispuestos según el tipo de residuo.

Estos sistemas, no obstante, son menos eficientes en términos de participación, que la recolección domiciliaria por lo que requerirán sean acompañados, ya sea, por un mayor esfuerzo en la difusión de las ventajas que el mismo significará para la comunidad o por el agregado de estímulos del tipo implementado en Armstrong (Provincia de Santa Fe) donde regularmente se realiza el operativo 3x1 y se entrega 1 Kg de compost por cada 3 Kg de reciclables inorgánicos aportados al punto de recolección (el compost se genera en una planta local a partir de los residuos orgánicos separados en origen por los residentes).

Los sistemas mixtos donde los puntos de recolección son complementados con recolección domiciliaria de determinados residuos, también deben ser considerados siempre buscando el equilibrio entre el posibilitar la mayor participación pública y mantener un costo aceptable del servicio.

#### 2. Separación en Origen de tres fracciones con recolección domiciliaria

Consiste en realizar una diferenciación de los residuos generados disponiendo en forma separada los residuos orgánicos, los residuos inorgánicos (plásticos, cartones y papel, metales, etc.) y los residuos patógenos (pañales, etc.)

Para implementarlo eficazmente, lo que se propone es adoptar el uso de bolsas de colores diferenciados para la disposición de residuos conforme el siguiente detalle:

- Verde para los residuos orgánicos,

- Azul o roja para patógenos,
- Amarilla o blanca para materiales reciclables,

Cada familia realizaría la separación de sus residuos y los mismos serían retirados de la vereda de sus hogares en distintos días según un programa de recolección establecido.

Otra opción sería en caso de falta de bolsa roja, que los ciudadanos en cualquier bolsa identificada coloquen los residuos patógenos, de manera que los empleados al momento de la clasificación los reconozcan y no abran las bolsas.

### 3. Recolección domiciliaria de Residuos Mezclados

Este método no requiere de ningún aporte del generador residencial o comercial en la medida que no implica cambio de hábito ni información sobre el tema. Los residuos se continúan sacando como siempre y la separación se hace en una planta donde ahora se transporta el total de los residuos.

El inconveniente de este sistema reside en la contaminación de una parte –entre el 25/30%- de los materiales que de no ser así habrían podido reciclarse.

A pesar de esto y en razón de lo conveniente que resulta su implementación tanto para los residentes como para los recolectores, muchas ciudades del país, (especialmente las de mayor número de habitante), están considerando el uso de este método el cual, por sus características, va generalmente acompañado del compostaje de la fracción orgánica del total de los residuos.

Este último hace que, si bien el volumen total de reciclables recuperados es inferior al que se lograría con una operación de separación en origen, la cantidad total de residuos que se desvía de la disposición final en basurales o rellenos sea mucho más significativa.

### 4. Separación en origen de dos fracciones: húmedo/seca, recolección domiciliaria

En esta variante de la recolección de residuos mezclados, los materiales “húmedos” – recortes de jardín, restos de comida, pañales descartables, papel contaminado, heces animales- son separados de los otros residuos para ser compostados.

El resto de los materiales, incluidos los reciclables, forman la fracción “seca”, la cual es recogida mezclada y después es separada en la planta de recuperación en reciclables y no reciclables.

Cada frentista realizaría la separación, y ambos serían retirados el mismo día de la recolección establecida.

En algunos casos es conveniente considerar una combinación de los métodos de recolección descriptos (puntos fijos, con incentivos; separación en origen, de residuos mezclados; etc.) buscando obtener la participación de la mayor cantidad de sectores de la comunidad.

En cuanto a la separación en origen, es importante poder determinar entre otros parámetros, el Grado de Separación en Origen, que indica el porcentaje de cada tipo de materiales (vidrio, papel/cartón, plástico, etc.) que los usuarios separan correctamente. Conocer éste indicador permitirá establecer un sistema de recogida que mejor se adapte a la ciudad, ya que el grado de separación en origen de cada uno de los métodos planteados anteriormente es diferente, siendo la variable distancia al punto de depósito y recogida la que lo determina. Cuanto mayor es la proximidad, mayor es el grado o nivel de separación que se obtiene. Se estima que mediante el empleo de una recolección en puntos fijos los residuos inorgánicos posibles de recuperar se reducirían en un tercio del total de RSU.

### 8.3.3 Alternativas de Recolección

En base a los métodos nombrados se establecen las siguientes alternativas de recolección, con su correspondiente análisis logístico y de costos, considerando principalmente la separación en

origen de tres fracciones: materiales orgánicos, inorgánicos y destinados a relleno, de manera de favorecer y permitir la GRSU.

- a) Recolección domiciliaria de residuos orgánicos e inorgánicos.
- b) Recolección en puntos fijos de residuos orgánicos e inorgánicos.

### 8.3.3.1 Recolección domiciliaria de residuos orgánicos e inorgánicos

Para una correcta gestión de residuos, es necesaria la separación en origen. La manera adecuada de hacerlo sería considerar dos fracciones, orgánicos e inorgánicos. Se propone colocar los residuos orgánicos en bolsas verdes y los inorgánicos en bolsas blancas, o en su defecto, utilizar bolsas de cualquier color identificadas (rotuladas).

Cuadro 8.1: Ejemplos de residuos orgánicos e inorgánicos

| Residuos Orgánicos  | Residuos Inorgánicos  |
|---|---|
| Yerba<br>Café<br>Restos de frutas y verduras<br>Restos de comidas<br>Papeles sucios y mojados<br>saquitos de té<br>Residuos de jardín (con excepción de poda)<br>Otros materiales degradables | Plásticos<br>Vidrios<br>Papeles y Cartones secos<br>Metales<br>Tetra-brick<br>Telas<br>Telgopor<br>Bolsas y otros |

Además tener en cuenta:

- Residuos domiciliarios sanitarios: “juntos pero no mezclados” los pañales, toallitas femeninas, preservativos, heces de animales, piedritas de los gatos, colillas de cigarrillos, pañuelos descartables usados, bolsas y bandejas con sangre de las carnicerías, y otros residuos con potencial riesgo sanitario, deben separarse en una bolsa preferentemente roja, o en su defecto transparente o bien identificada, y sacarse el mismo día de recolección de orgánicos. De este modo los operarios de la Planta de Tratamiento pueden reconocer el contenido y derivarlo a enterramiento sanitario, sin necesidad de entrar en contacto con estos residuos.
- Residuos producto de curaciones o tratamientos médicos en domicilio: deberá disponerlos junto con los residuos del baño y, en el caso de elementos cortopunzantes, deberán ser colocados en recipientes estancos plásticos para evitar accidentes.
- Papel higiénico usado: debemos evitar su disposición junto con los residuos domiciliarios ya que este papel está preparado para degradarse rápidamente una vez ingresado en el sistema cloacal, de este modo evitamos exponer a estos materiales al personal de la Planta de Tratamiento.
- Pilas, baterías y cartuchos de impresora se deben disponer en conjunto con los residuos inorgánicos ya que de ese modo se garantizará que sean depositados dentro del relleno sanitario previniendo cualquier tipo de contaminación.
- Envases de yogurt, quesos, dulces y otros productos inorgánicos que permanezcan sucios con el contenido una vez consumidos, se deben limpiar con agua o una servilleta de papel y luego deben ser dispuestos junto con la fracción inorgánica.
- Recipientes con restos de pintura, aguarrás, solventes, aceite de cocina, vidrios rotos sacarlos en cajas, canastos o latas debidamente identificados.

- Cenizas y restos de carbón de parrillas, hogares y salamandras pueden colocarse junto con el orgánico siempre que la cantidad no sea excesiva (en cuyo caso se deberán colocar en una bolsa aparte identificada, nunca en tachos).
- Cabellos, uñas y barrido de las casas pueden disponerse junto con la materia orgánica compostable ya que se degradan fácilmente.
- Papel y cartón limpio y seco, si bien son residuos de origen orgánico (celulosa) debemos disponerlos junto al inorgánico para permitir su reciclado.

Se plantea dos servicios de recolección: uno para los orgánicos y otro para los inorgánicos, en días y horarios determinados.

Considerando que en la ciudad de Frías la generación de residuos per cápita es baja comparada con la GPC media del país, se plantea una frecuencia de recolección de tres días por semana para cada tipo de residuos.

### Recolección de Residuos Orgánicos

Se propone realizarlo los días lunes, miércoles, y viernes, considerando la división en zonas y sectores, que existe actualmente para la recolección, de la siguiente manera:

Cuadro 8.2: Zonas, sectores y turnos para recolección de residuos orgánicos

| Zona  | Sector | Turno  | Horario     |
|-------|--------|--------|-------------|
| Este  | 1      | Mañana | 7hs a 13hs  |
|       | 2      |        |             |
|       | 3      |        |             |
| Oeste | 1      | Tarde  | 13hs a 19hs |
|       | 2      |        |             |
|       | 3      |        |             |

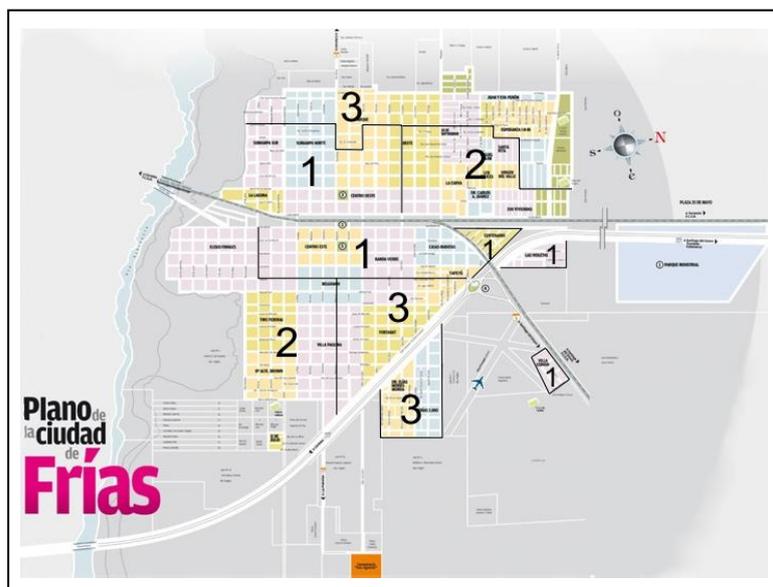


Figura 8.1: Sectores en que está dividida la ciudad para el servicio de recolección

Cantidad de residuos generados:

Tabla 8.1: Cantidad de residuos orgánicos y otros generados

| Total de Residuos (kg/día) | Residuos en Bolsa verde | Residuos en Bolsa roja       | Total de Residuos orgánicos y otros (kg/día) |
|----------------------------|-------------------------|------------------------------|--|
|                            | Fracción Orgánica       | Fracción destinada a Relleno |  |
| 20000 (actual)             | 46,3% = 9260            | 11,6% = 2320                 | 11580  |
| 26000 ( a 10 años)         | 46,3% = 12038           | 11,6%= 3016                  | 15054  |

En base a lo anterior podemos estimar que se recolecta la siguiente cantidad de residuos en los días establecidos:

Tabla 8.2: Total de residuos orgánicos recolectados en los días establecidos

| Días      | Total de Residuos orgánicos y otros (kg) |                      |
|-----------|--|----------------------|
|           | Generación actual                        | Generación a 10 años |
| Lunes     | 34740                                    | 45162                |
| Miércoles | 23160                                    | 30108                |
| Viernes   | 23160                                    | 30108                |

Teniendo en cuenta que en promedio la capacidad de un camión es de 6000kg, se necesitaría la siguiente cantidad de camiones:

Tabla 8.3: Cantidad de camiones necesarios para recolección de residuos orgánicos

| Días      | Unidades de camiones |                     |
|-----------|----------------------|---------------------|
|           | Necesario actual     | Necesario a 10 años |
| Lunes     | 5,79-6               | 7,53-8              |
| Miércoles | 3,86-4               | 5,02-6              |
| Viernes   | 3,86-4               | 5,02-6              |

Calculada como:

Unidades de camiones: Demanda diaria/ capacidad del camión

De manera que el servicio de recolección puede operar en el presente con el tamaño de flota con que se cuenta actualmente.

### Recolección de Residuos Inorgánicos

Se propone realizarlo los días martes, jueves y sábado, considerando la división en zonas y sectores que existe actualmente para la recolección, de la siguiente manera:

Cuadro 8.3: Zonas, sectores y turnos para recolección de residuos inorgánicos

| Zona  | Sector | Turno  | Horario     |
|-------|--------|--------|-------------|
| Este  | 1      | Mañana | 7hs a 13hs  |
|       | 2      |        |             |
|       | 3      |        |             |
| Oeste | 1      | Tarde  | 13hs a 19hs |
|       | 2      |        |             |
|       | 3      |        |             |

Cantidad de Residuos generados:

Tabla 8.4: Cantidad de residuos inorgánicos generados

| Total de Residuos (kg/día) | Residuos en Bolsa Blanca     |
|----------------------------|------------------------------|
|                            | Fracción Inorgánica (kg/día) |
| 20000 (actual)             | 42,1% = 8420                 |
| 26000 (a 10 años)          | 42,1% = 10946                |

En base a lo anterior podemos estimar que se recolecta la siguiente cantidad de residuos en los días establecidos:

Tabla 8.5: Total de residuos inorgánicos recolectados en los días establecidos

| Días   | Total de Residuos inorgánicos (Kg) |                      |
|--------|------------------------------------|----------------------|
|        | Generación actual                  | Generación a 10 años |
| Martes | 25260                              | 32838                |
| Jueves | 16840                              | 21892                |
| Sábado | 16840                              | 21892                |

Teniendo en cuenta que en promedio la capacidad del camión es de 6000kg, se necesitaría la siguiente cantidad de camiones:

Tabla 8.6: Cantidad de camiones necesarios para recolección de residuos inorgánicos

| Días   | Unidades de camiones |                     |
|--------|----------------------|---------------------|
|        | Necesaria actual     | Necesaria a 10 años |
| Martes | 4,21 ~5              | 5,47 ~6             |
| Jueves | 2,81 ~3              | 3,65 ~4             |
| Sábado | 2,81 ~3              | 3,65 ~4             |

El servicio puede operar tanto en el presente como a 10 años con la dotación de camiones con que se cuenta actualmente.

Análisis de tiempo:

En la tabla 8.7 se muestran las distancias recorridas y los tiempos que se presentarían en una jornada de recolección en este caso siendo la ubicación del depósito la de la alternativa I, y en la tabla 8.8 siendo la ubicación la de la alternativa II:

Tabla 8.7: Distancias recorridas y tiempos de una jornada de recolección domiciliaria con depósito en alternativa I

| Turno  | Zona  | Sector | Distancia de ruta de recogida de basura (km) | Velocidad (km/hs) | T <sub>1</sub> (hs) | Distancia garage- inicio de ruta (km) | T <sub>2</sub> (hs) | Distancia ruta - depósito (km) | T <sub>3</sub> (hs) | Distancia depósito - garage (km) | T <sub>4</sub> (hs) | Tiempo total de una jornada de recorrida: T <sub>total</sub> (hs) | Tiempo total de una jornada de recorrida aproximada: T <sub>total</sub> (hs) | Kilómetros totales recorridos en el servicio de recolección |
|--------|-------|--------|--|-------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---|--|---|
| Mañana | Este  | 1      | 3,1  | 60                | 1,823               | 0,240                                 | 0,016               | 5,58                           | 0,154               | 5,53                             | 0,1165              | 2,110   | 2hs, 7min  | 217,280   |
|        |       |        | 26,57  | 15                |                     |                                       |                     |                                |                     |                                  |                     | 1,966   | 1hs, 58min   |   |
|        |       | 2      | 23,8   | 15                | 1,587               | 0,66                                  | 0,044               | 7,005                          | 0,219               |                                  |                     | 2,199   | 2hs, 12min   |   |
| Tarde  | Oeste | 1      | 21,41  | 15                | 1,427               | 1,52                                  | 0,101               | 6,495                          | 0,215               | 5,53                             | 0,1165              | 1,860   | 1hs, 52min   | 217,280   |
|        |       |        | 2  | 26,17             | 15                  | 1,745                                 | 0,55                | 0,037                          | 5,125               |                                  |                     | 0,308   | 2,206  |   |
|        |       | 3      | 41,29  | 15                | 2,753               | 2,52                                  | 0,168               | 5,91                           | 0,413               |                                  |                     | 3,450   | 3hs, 27min   |   |

Tabla 8.8: Distancias recorridas y tiempos de una jornada de recolección domiciliaria con depósito en alternativa II

| Turno  | Zona  | Sector | Distancia de ruta de recogida de basura (km) | Velocidad (km/hs) | T <sub>1</sub> (hs) | Distancia garage- inicio de ruta (km) | T <sub>2</sub> (hs) | Distancia ruta - depósito (km) | T <sub>3</sub> (hs) | Distancia depósito - garage (km) | T <sub>4</sub> (hs) | Tiempo total de una jornada de recorrida: T <sub>total</sub> (hs) | Tiempo total de una jornada de recorrida aproximada : T <sub>total</sub> (hs) | Kilómetros totales recorridos en el servicio de recolección |
|--------|-------|--------|--|-------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---|---|---|
| Mañana | Este  | 1      | 3,1  | 60                | 1,823               | 0,240                                 | 0,016               | 6,08                           | 0,154               | 6,72                             | 0,189               | 2,182   | 2hs, 11min  | 224,94  |
|        |       |        | 26,57  | 15                |                     |                                       |                     |                                |                     |                                  |                     | 2,038   | 2hs, 3min   |   |
|        |       |        | 23,8   | 15                |                     |                                       |                     |                                |                     |                                  |                     | 2,272   | 2hs, 17min  |   |
| Tarde  | Oeste | 1      | 27,13  | 15                | 1,809               | 0,55                                  | 0,037               | 5,49                           | 0,238               | 6,72                             | 0,189               | 1,932   | 1hs, 56min  | 224,94  |
|        |       |        | 21,41  | 15                | 1,427               | 1,52                                  | 0,101               | 7,86                           | 0,215               |                                  |                     | 2,278   | 2hs, 17min  |   |
|        |       |        | 26,17  | 15                | 1,745               | 0,55                                  | 0,037               | 8,47                           | 0,308               |                                  |                     | 3,522   | 3hs, 32min  |   |
|        |       | 3      | 41,29  | 15                | 2,753               | 2,52                                  | 0,168               | 9,06                           | 0,413               | 6,72                             | 0,189               |   |   | 224,94  |
|        |       |        |  |                   |                     |                                       |                     |                                |                     |                                  |                     |   |   |   |
|        |       |        |  |                   |                     |                                       |                     |                                |                     |                                  |                     |   |   |   |

El consumo aproximado de combustible por día de recolección se muestra en la tabla siguiente:

| Ubicación del depósito | Consumo aproximado de combustible por día de recolección |
|------------------------|--|
| Según alternativa I    | 78,13 litros/día   |
| Según alternativa II   | 80,88 litros/día   |

Para calcular los tiempos se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Las distancias de recorrido se calcularon considerando la manera en que lo realizan actualmente, primero recorren las calles largas y luego continúan por los pasajes que se encuentren en el sector de trabajo.
- Se considera además una velocidad de 60km/hs durante el tránsito en ruta y de 15km/hs durante el tránsito en la ciudad. En el caso de la velocidad en ciudad, se consultó a los conductores de los camiones y se verificó la velocidad a la que manejan. El personal manifestó que no es continua, pudiendo variar de 15km/hs a 30km/hs. Por lo que se consideró la menor para estimar los tiempos.
- Para el cálculo de la distancia ruta – depósito, se tomó el promedio entre la distancia desde el punto más cercano y el punto más lejano de la ruta de recorrido al depósito.

A los tiempos totales anteriores hay que considerarles además:

- o Tiempo transcurrido en el depósito para realizar la descarga: T<sub>5</sub>
- o Tiempo transcurrido en retrasos inesperados: T<sub>6</sub>
- o Número de trayectos desde la ruta de recogida al depósito: n

Con lo que el tiempo total de una jornada de recogida de residuos se calcularía como:

$$T_{total} = T_2 + T_1 + T_3 + T_5 + (n - 1)(2T_3 + T_5) + T_4 + T_6$$

$$T_{total} = T_2 + (2n - 1) T_3 + T_4 + T_6 + T_1 + nT_5$$

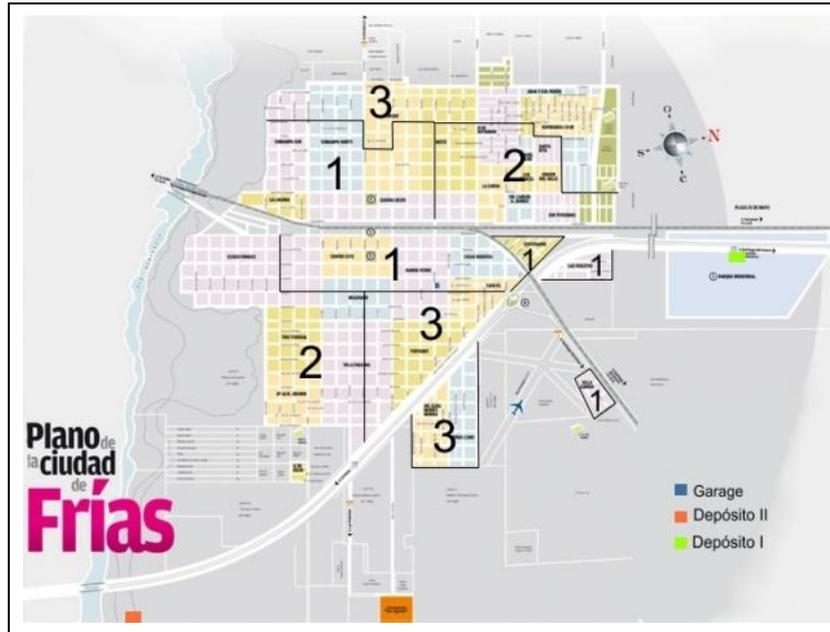


Figura 8.2: Ubicación del garaje y depósitos en el plano de la ciudad

En base a los tiempos calculados anteriormente, se estima que la jornada de recorrido para un sector es menor que la jornada de trabajo aún sumándole los tiempos faltantes, por lo que en el presente el tamaño de la flota actual puede emplearse para cumplir con el servicio de recolección de orgánicos e inorgánicos, trabajando en dos turnos como se planteó.

En el caso de los residuos inorgánicos, a diez años, el tamaño de flota actual nos permitiría brindar el servicio de recolección de los mismos, pero en el caso de los residuos orgánicos no. Por lo que a futuro será necesario redefinir el tamaño y forma de las zonas en que está dividida la ciudad, hacer pruebas piloto para tener datos certeros respecto al tiempo de trabajo y ver si de esta manera la flota actual es suficiente; si no lo es, recién pensar en la compra de más unidades.

Por otro lado, si bien en el presente se puede prestar el servicio de recolección con el tamaño de flota actual y de la manera en que están definidas las zonas en la ciudad, sería adecuado pensar en redefinir el tamaño y forma de las zonas, con el fin de agilizar los tiempos y reducir costos; existen estudios relacionados que comprueban que hay maneras de diseñar las rutas que permiten optimizar el servicio.

Al plantear una recolección diferenciada, será necesario que los camiones se limpien al finalizar la jornada de recolección por la tarde, de manera de no contaminar los residuos recolectados al día siguiente. Se consultó al personal de Obras y Servicios Públicos y a los recolectores sobre la limpieza de los camiones y residuos que quedan al descargar y manifestaron que:

- Actualmente los camiones son lavados una vez por semana dentro del predio de Obras Públicas.
- Cuando se descargan los residuos quedan restos menores dentro del camión.

De manera que no se observan complicaciones para limpiar los camiones todos los días, ya que no quedan grandes restos de residuos y en el lugar de depósito de los camiones se realiza la limpieza de los mismos.

### 8.3.3.2 Recolección en puntos fijos

Esta alternativa consiste en que los ciudadanos lleven los residuos a un punto de recolección común.

Las familias, comercios y bares, primero realizarían la separación en origen, y luego verterían los diferentes residuos generados en contenedores diferenciados cerrados que se encontrarían en puntos estratégicos, los cuales serían posteriormente retirados por los recolectores y dispuestos según el tipo de residuo.

Se propone colocar dos contenedores en cada punto, uno para los residuos orgánicos y otro para los inorgánicos debidamente identificados.

En este caso, también se tiene en cuenta las recomendaciones para la separación en origen nombradas anteriormente, lo que permitiría un mejor funcionamiento del servicio.

Se plantea establecer 300 puntos fijos en toda la ciudad, ubicados cada dos cuadras como muestra la figura 8.3.

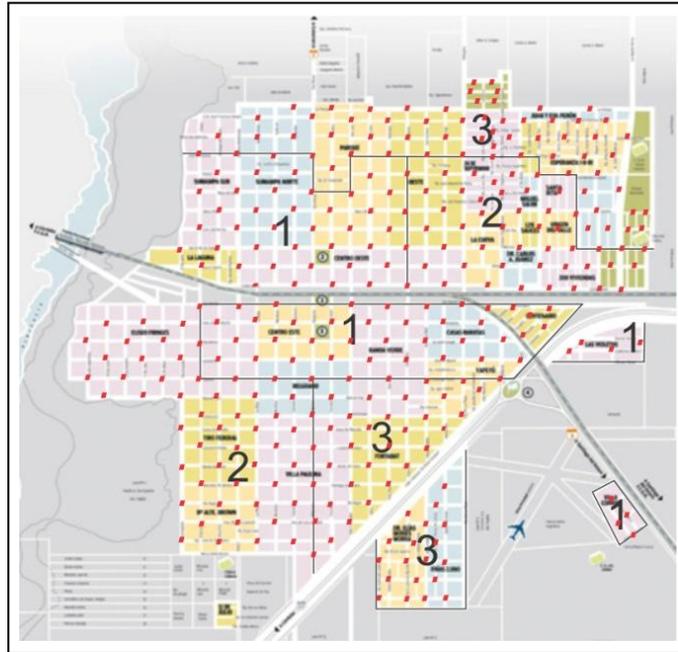


Figura 8.3: Puntos fijos donde se ubicarán los contenedores

Para analizar que volumen de contenedor será requerido, se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Se considera para el cálculo la generación per cápita a 10 años, es decir 0,58kg/hab.día para contemplar el aumento en la generación de residuos a futuro.
- En promedio hay 5 frentistas por vereda, entonces cada cuadra presenta 10 frentistas, considerando además que en cada vivienda viven en promedio 4 personas, y que cada persona genera alrededor de 0,58 kg de residuos diarios, por cuadra se recolectaría aproximadamente 23 kg de residuos por día, lo que representaría un volumen aproximado de 0,115 m<sup>3</sup>.
- La distancia al punto de depósito y recogida de residuos influye en el grado de separación de los mismos. Se estima que los residuos inorgánicos reciclables obtenidos de la separación en origen se reduce en un tercio.

Tabla 8.9: Porcentaje de Residuos recolectados según tipo de recolección

| Fracción          | % de Residuos Recolectados por día según Tipo de Recolección |                             |
|-------------------|--|-----------------------------|
|                   | Recolección Domiciliaria                                     | Recolección en Puntos Fijos |
| Orgánicos + Otros | 57,9   | 71,93                       |
| Inorgánicos       | 42,1   | 28,07                       |

- Cada contenedor de acuerdo a la ubicación establecida, atendería a 4 cuadras.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se calculan los metros cúbicos de residuos generados por cuadra, y considerando que pueden permanecer almacenados en el contenedor incluso tres días debido a la frecuencia de recolección, se calcula el volumen necesario de los contenedores:

Tabla 8.10: Porcentaje y volumen de residuos generados en 4 cuadras

|                                     | Residuos Generados |                     |                             |                                       |
|-------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
|                                     | Kg/día/cuadra      | Kg/día en 4 cuadras | m <sup>3</sup> en 4 cuadras | m <sup>3</sup> de 4 cuadras en 3 días |
| Residuos totales                    | 23                 | 92                  | 0,46                        | 1,38                                  |
| Residuos orgánicos + fracción otros | 16,54              | 66,17               | 0,33                        | 0,99                                  |
| Residuos inorgánicos                | 6,46               | 25,83               | 0,13                        | 0,39                                  |

De manera que se requieren contenedores con una capacidad aproximada de 1 m<sup>3</sup> (1000 lts).

Análisis de camiones necesarios y análisis de tiempo:

Considerado que el grado separación disminuye al implementar una recolección en puntos fijos afectando la cantidad de residuos inorgánicos reciclables posibles de recuperar, se estima que se recolecta la siguiente cantidad de residuos en los días establecidos:

Tabla 8.11: Cantidad de residuos recolectados en días establecidos

| Días      | Total de Residuos recolectados (kg) |                      |
|-----------|-------------------------------------|----------------------|
|           | Generación actual                   | Generación a 10 años |
| Lunes     | 43158                               | 56105,4              |
| Martes    | 16842                               | 21894,6              |
| Miércoles | 28772                               | 37403,6              |
| Jueves    | 11228                               | 14596,4              |
| Viernes   | 28772                               | 37403,6              |
| Sábado    | 11228                               | 14596,4              |

Teniendo en cuenta que en promedio la capacidad del camión es de 6000kg, se necesitaría la siguiente cantidad de camiones:

Tabla 8.12: Cantidad de camiones necesarios con recolección en puntos fijos

| Días      | Unidades de Camiones |                     |
|-----------|----------------------|---------------------|
|           | Necesaria actual     | Necesaria a 10 años |
| Lunes     | 7,19 ~8              | 9,35 ~10            |
| Martes    | 2,81 ~3              | 3,65 ~4             |
| Miércoles | 4,80 ~5              | 6,23 ~7             |
| Jueves    | 1,87 ~2              | 2,43 ~3             |
| Viernes   | 4,79 ~5              | 6,23 ~7             |
| Sábado    | 1,87 ~2              | 2,43 ~3             |

Calculada como:

Unidades de camiones: Demanda diaria/ capacidad del camión

En las tablas siguientes se muestra el análisis de tiempos para este caso, según la ubicación del depósito:

Tabla 8.13: Distancias recorridas y tiempos de una jornada de recolección con puntos fijos con depósito en alternativa I

| Turno  | Zona  | Sector | Distancia recorrida en la ruta (km) | Velocidad (km/hs) | T <sub>1</sub> (hs) | Distancia garage- inicio de ruta (km) | T <sub>2</sub> (hs) | Distancia ruta - depósito (km) | T <sub>3</sub> (hs) | Distancia depósito - garage (km) | T <sub>4</sub> (hs) | Tiempo total de una jornada de recorrida: T <sub>total</sub> (hs) | Tiempo total de una jornada de recorrida aproximada : T <sub>total</sub> (hs) | Kilómetros totales recorridos en el servicio de recolección |
|--------|-------|--------|-------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---|---|---|
| Mañana | Este  | 1      | 3,1                                 | 60                | 1,092               | 0,240                                 | 0,016               | 5,58                           | 0,154               | 5,53                             | 0,2765              | 1,539   | 1hs, 33min  | 127,210   |
|        |       |        | 15,61                               | 15                |                     |                                       |                     |                                |                     |                                  |                     | 1,340   | 1hs, 20min  |   |
|        |       | 2      | 12,01                               | 15                | 0,801               | 0,66                                  | 0,044               | 7,005                          | 0,219               |                                  |                     | 1,635   | 1hs, 38min  |   |
| Tarde  | Oeste | 1      | 11,33                               | 15                | 0,755               | 1,52                                  | 0,101               | 6,495                          | 0,215               | 1,348                            | 1hs, 21min          |   |   |   |
|        |       |        | 2                                   | 11,48             | 15                  | 0,765                                 | 0,55                | 0,037                          | 5,125               | 0,308                            | 1,387               | 1hs, 23min  |   |   |
|        |       | 3      | 14,24                               | 15                | 0,949               | 2,52                                  | 0,168               | 5,91                           | 0,413               | 1,807                            | 1hs, 49min          |   |   |   |

Tabla 8.14: Distancias recorridas y tiempos de una jornada de recolección con puntos fijos con depósito en alternativa II

| Turno  | Zona  | Sector | Distancia recorrida en la ruta (km) | Velocidad (km/hs) | T <sub>1</sub> (hs) | Distancia garage- inicio de ruta (km) | T <sub>2</sub> (hs) | Distancia ruta - depósito (km) | T <sub>3</sub> (hs) | Distancia depósito - garage (km) | T <sub>4</sub> (hs) | Tiempo total de una jornada de recorrida: T <sub>total</sub> (hs) | Tiempo total de una jornada de recorrida aproximada : T <sub>total</sub> (hs) | Kilómetros totales recorridos en el servicio de recolección |
|--------|-------|--------|-------------------------------------|-------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|---|---|---|
| Mañana | Este  | 1      | 3,1                                 | 60                | 1,092               | 0,240                                 | 0,016               | 6,08                           | 0,162               | 6,72                             | 0,2765              | 1,547   | 1hs, 33min  | 134,87  |
|        |       |        | 15,61                               | 15                |                     |                                       |                     |                                |                     |                                  |                     | 1,319   | 1hs, 19min  |   |
|        |       | 2      | 12,01                               | 15                | 0,801               | 0,66                                  | 0,044               | 5,76                           | 0,198               |                                  |                     | 1,296   | 1hs, 18min  |   |
| Tarde  | Oeste | 1      | 11,33                               | 15                | 0,755               | 1,52                                  | 0,101               | 7,86                           | 0,238               | 1,371                            | 1hs, 22min          |   |   |   |
|        |       |        | 2                                   | 11,48             | 15                  | 0,765                                 | 0,55                | 0,037                          | 8,47                | 0,279                            | 1,357               | 1hs, 22min  |   |   |
|        |       | 3      | 14,24                               | 15                | 0,949               | 2,52                                  | 0,168               | 9,06                           | 0,367               | 1,761                            | 1hs, 46min          |   |   |   |

El consumo aproximado de combustible por día de recolección se muestra en la tabla siguiente:

| Ubicación del depósito | Consumo aproximado de combustible por día de recolección: |
|------------------------|---|
| Según alternativa I    | 45,74 litros/día  |
| Según alternativa II   | 48,49 litros/día  |

Para calcularlos se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Las distancias de recorrido se calcularon considerando la manera en que lo realizan actualmente, primero recorren las calles largas y luego continúan por los pasajes que se encuentren en el sector de trabajo.
- Se considera además una velocidad de 60km/hs durante el tránsito en ruta y de 15km/hs durante el tránsito en la ciudad. En el caso de la velocidad en ciudad, se consultó a los conductores de los camiones y se verificó la velocidad a la que manejan. El personal manifestó que la velocidad no es continua pudiendo variar de 15km/hs a 30km/hs. Por lo que se consideró la menor para estimar los tiempos.
- Para el cálculo de la distancia ruta – depósito, se tomó el promedio entre la distancia desde el punto más cercano y el punto más lejano de la ruta de recorrido al depósito.

A los tiempos totales anteriores hay que considerarles además:

- Tiempo transcurrido en el depósito para realizar la descarga:  $T_5$
- Tiempo transcurrido en retrasos inesperados + tiempos de recogida de residuos:  $T_6$
- Número de trayectos desde la ruta de recogida al depósito:  $n$

Con lo que el tiempo total de una jornada de recogida de residuos se calcularía como:

$$T_{\text{total}} = T_2 + T_1 + T_3 + T_5 + (n - 1)(2T_3 + T_5) + T_4 + T_6$$

$$T_{\text{total}} = T_2 + (2n - 1) T_3 + T_4 + T_6 + T_1 + nT_5$$

En base a los cálculos realizados, se observa que en el presente, la flota de camiones con que cuenta el municipio permitiría brindar el servicio de recolección de residuos inorgánicos. Pero en el caso de la recolección de orgánicos, precisamente los días lunes, serían necesarias más unidades.

Se estima que los tiempos de una jornada de recolección para cada sector, aun sumándole los tiempos que faltarían considerar, son inferiores a los de la jornada laboral establecida. De manera que sería adecuado redefinir el tamaño y forma de las zonas, hacer pruebas piloto para tener datos certeros en el tiempo y ver si es suficiente el tamaño de flota actual, y si no lo es, recién analizar la compra de un camión más.

A diez años, si se opta por este tipo de recolección, se debería replantear además del diseño de las rutas de recolección, la frecuencia y turnos del servicio, antes de considerar la compra de más unidades de camiones.

### 8.3.3.3 Análisis de Costos de ambas alternativas

Dado que se considera en ambos casos la misma flota de camiones y jornada laboral de 6hs con que se opera actualmente, es que se analizará solo aquellos costos que varían con la alternativa de recolección establecida, como muestra la tabla 8.15 y 8.16:

Tabla 8.15: Costos que varían con la alternativa de recolección elegida con depósito en ubicación de alterativa I

| Concepto            | Recolección Domiciliaria |                |              | Recolección Puntos Fijos |                |             |
|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|--------------------------|----------------|-------------|
|                     | Cantidad                 | Costo Unitario | Costo Total  | Cantidad                 | Costo Unitario | Costo Total |
| Combustible -gasoil | 1875,12 lt/mes           | \$6,489 \$/lt  | \$ 12.167,65 | 1097,76 lt/mes           | \$6,489 \$/lt  | \$ 7.123,36 |
| Total               | \$ 12.167,65             |                |              | Total                    |                | \$ 7.123,36 |

Tabla 8.16: Costos que varían con la alternativa de recolección elegida con depósito en ubicación de alterativa II

| Concepto            | Recolección Domiciliaria |                |              | Recolección Puntos Fijos |                |             |
|---------------------|--------------------------|----------------|--------------|--------------------------|----------------|-------------|
|                     | Cantidad                 | Costo Unitario | Costo Total  | Cantidad                 | Costo Unitario | Costo Total |
| Combustible -gasoil | 1941,12 lt/mes           | \$6,489 \$/lt  | \$ 12.595,93 | 1163,76 lt/mes           | \$6,489 \$/lt  | \$ 7.551,64 |
| Total               | \$ 12.595,93             |                |              | Total                    |                | \$ 7.551,64 |

El cálculo del combustible se realizó considerando que cada camión actualmente consume en promedio 19 lt/día de gasoil al realizar el recorrido por la mañana y la tarde, de manera que un camión consume aproximadamente 0,36 lt/km, información brindada por el personal de la Secretaría de Obras Públicas. Por otro lado, es importante mencionar que el precio del litro de gasoil considerado es el precio a mayo de 2013 con la cotización del dólar a 5,28 pesos para la venta.

En base a las tablas anteriores podemos observar que el costo logístico cualquiera sea el tipo de recolección establecida es mayor colocando el depósito según alternativa II, con una diferencia aproximada de \$430. Diferencia que debe ser tenida en cuenta al momento de decidir en la ubicación posible de la planta de tratamiento.

Si bien en ambas alternativas de recolección se considera la misma flota de camiones y jornada laboral de 6hs como el actual servicio, se debe tener en cuenta que las hs-hombre cualquiera

sea la alternativa, aumentan respecto al actual servicio y debido a ello los costos también aumentan, como muestra la tabla 8.17:

Tabla 8.17: Hs-hombre y costo del actual servicio de recolección y de las alternativas propuestas

| Concepto             | Recolección Actual |                |              | Alternativas de recolección |                |              |
|----------------------|--------------------|----------------|--------------|-----------------------------|----------------|--------------|
|                      | Cantidad (hs)      | Costo Unitario | Costo Total  | Cantidad (hs)               | Costo Unitario | Costo Total  |
| Hs-hombre recolector | 2160               | \$ 23,00       | \$ 49.680,00 | 3456                        | \$ 23,00       | \$ 79.488,00 |
| Hs-hombre chofer     | 576                | \$ 35,70       | \$ 20.563,20 | 864                         | \$ 35,70       | \$ 30.844,80 |
| Costo total          | \$ 70.243,20       |                |              | \$ 110.332,80               |                |              |

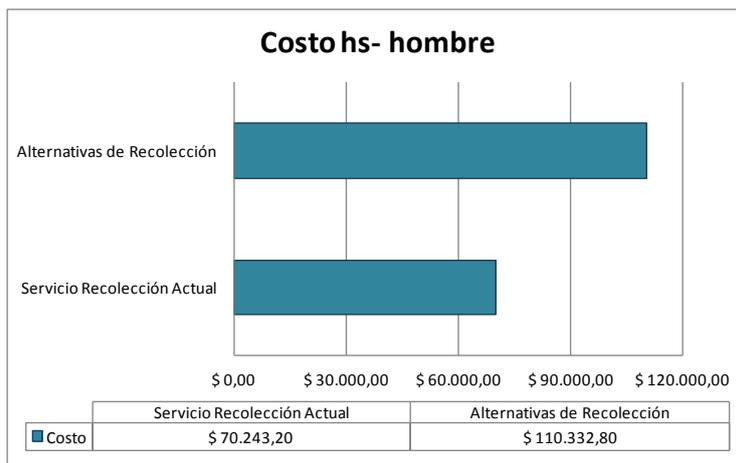


Gráfico 8.1: Costos del servicio de recolección en función de hs-hombre

Las hs-hombre en el cuadro se calcularon teniendo en cuenta que el actual servicio considera 8 choferes y 30 recolectores (4 choferes y 15 recolectores equivalentes a 36hs/semana de trabajo), mientras que en las alternativas se propone trabajar con 6 choferes y 24 recolectores que trabajan 36 hs semanales.

Como no se pudo establecer un valor de hs-hombre exacto para cada alternativa (Recolección Domiciliaria y en Puntos fijos) por falta de datos, es que se consideró en el cuadro anterior el mismo costo para las dos alternativas de manera de poder mostrar que cualquiera sea la alternativa elegida, el costo del servicio aumentaría respecto del actual.

En la práctica, las hs-hombre de las alternativas propuestas difieren, ya que los tiempos que se emplearían en el servicio de recolección son distintos. En lo planteado anteriormente, se pudo observar que las hs-hombre necesarias con una recolección en puntos fijos son menores a las necesarias con una recolección domiciliaria, debido a que las distancias recorridas en la primera son menores y el trabajo se agiliza al no tener que realizar una recolección casa por casa.

Además se pudo ver, que es posible obtener con una recolección en puntos fijos un tamaño de flota o jornada laboral menor en comparación con una recolección domiciliaria, si se reorganiza la ruta de recorrido.

### 8.3.3.4 Ventajas y Desventajas de cada alternativa

Cuadro 8.3: Ventajas y desventajas de alternativas de recolección planteadas

|                    | Recolección domiciliaria  | Recolección en puntos fijos   |
|--------------------|---|---|
| <b>Ventajas</b>    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor participación de los ciudadanos.</li> <li>- Mayor porcentaje de residuos reciclables obtenidos de la separación: por ejemplo se obtiene alrededor del 80% de inorgánicos para reciclar, mientras que con la otra opción un tercio menos aproximadamente.</li> <li>- Mayor grado de separación de residuos, o mayor tasa de separación, ya que se crea menos barreras para que el ciudadano participe.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menores distancias recorridas, menor consumo de combustible.</li> <li>- Menor costo del servicio de recolección.</li> <li>- No se acumulan bolsas de basura en la vereda o fuera del horario de recolección, la vía pública estará más ordenada y limpia.</li> </ul>   |
| <b>Desventajas</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor costo del servicio de recolección.</li> <li>- Mayores distancias recorridas y por ende mayor consumo de combustible.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gran inversión inicial.</li> <li>- Posibles conflictos con los vecinos por no querer tener el contenedor frente de sus hogares.</li> <li>- Menor participación de los ciudadanos: no empleo del mismo y colocación de basura en la vereda, o alrededor del contenedor.</li> <li>- Al disminuir los inorgánicos posibles de reciclar, disminuyen los posibles ingresos generados por los mismos.</li> </ul> |

En los gráficos siguientes se pueden apreciar algunas de las diferencias nombradas:

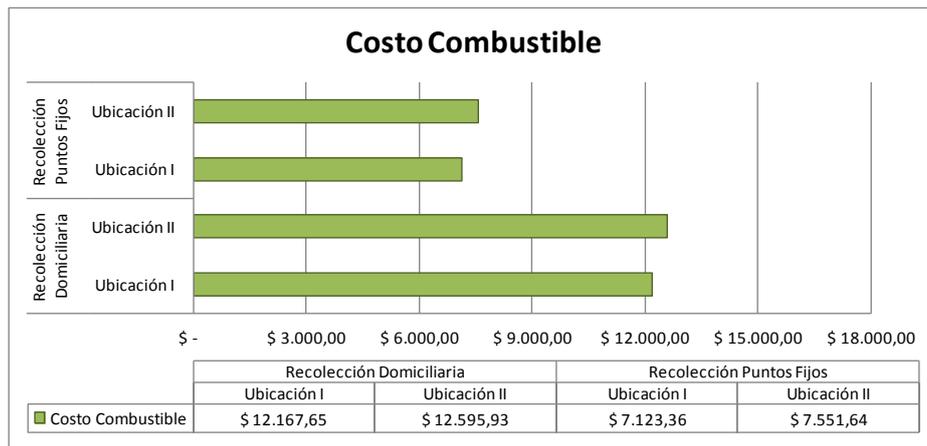


Gráfico 8.2: Costos de combustible en alternativas de recolección planteadas

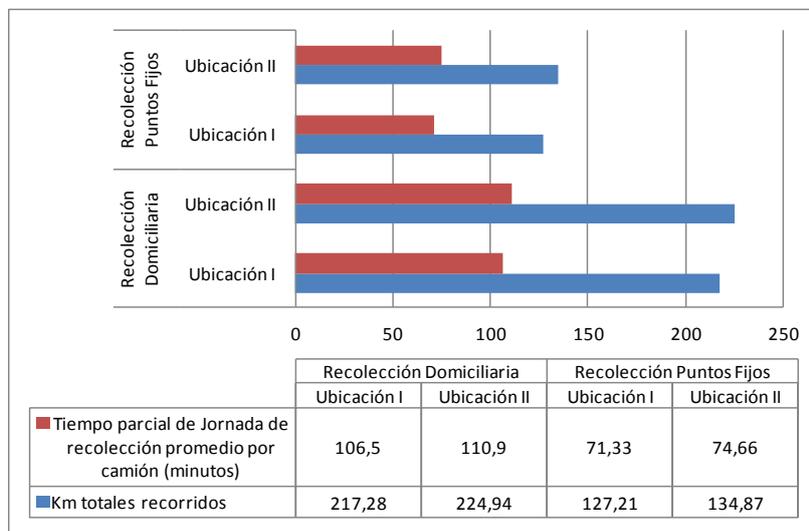


Gráfico 8.3: Kilómetros recorridos y tiempos parciales en las alternativas de recolección planteadas

En los siguientes gráficos se representa a modo de ejemplo como puede variar el Grado de Separación (GS) en función de la distancia al punto de depósito y recogida, y de acuerdo al material a recoger. Cuanto mayor es la distancia a recorrer por parte del ciudadano para depositar el residuo, menor es el porcentaje que se obtiene de cada tipo de material separado correctamente por los usuarios.

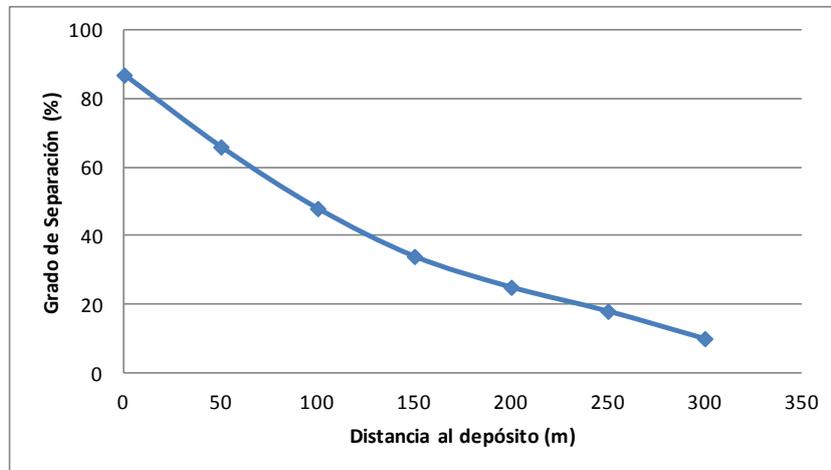


Gráfico 8.4: Grado de Separación en función de la distancia al punto de depósito

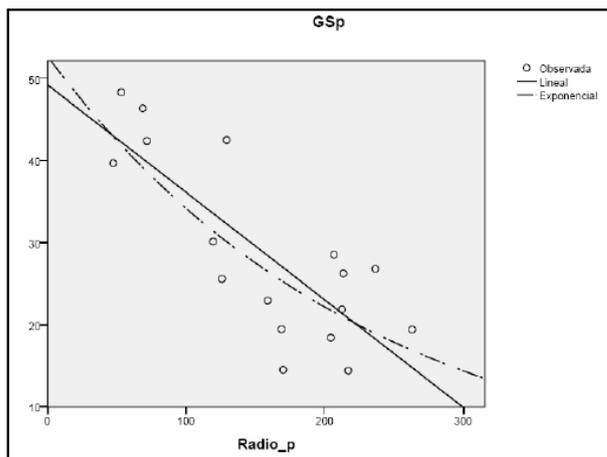


Gráfico 8.5: GS del papel-cartón (en%) frente al Radio de acción (en m) para ciertas ciudades de España, entre ellas Barcelona en 2007.

Fuente: GALLARDO IZQUIERDO, Antonio; et al. 2008. Estudio de los Modelos de Recogida Selectiva de Residuos Urbanos implantados en ciudades españolas: Grado de Separación de materiales en origen.

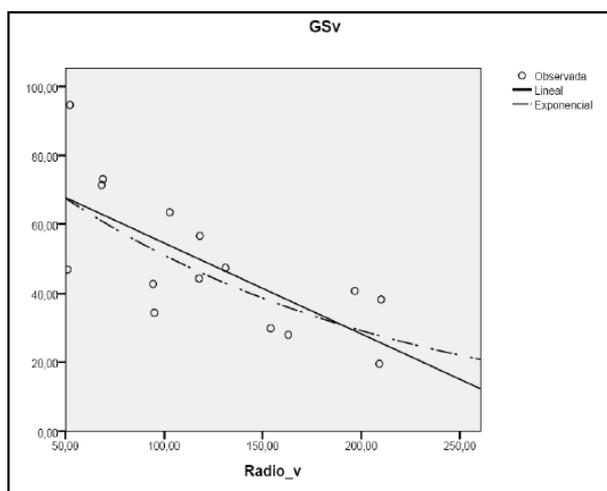


Gráfico 8.6: GS del vidrio (en%) frente al Radio de acción (en m) para ciertas ciudades de España, entre ellas Barcelona en 2007.

Fuente: GALLARDO IZQUIERDO, Antonio; et al. 2008. Estudio de los Modelos de Recogida Selectiva de Residuos Urbanos implantados en ciudades españolas: Grado de Separación de materiales en origen.

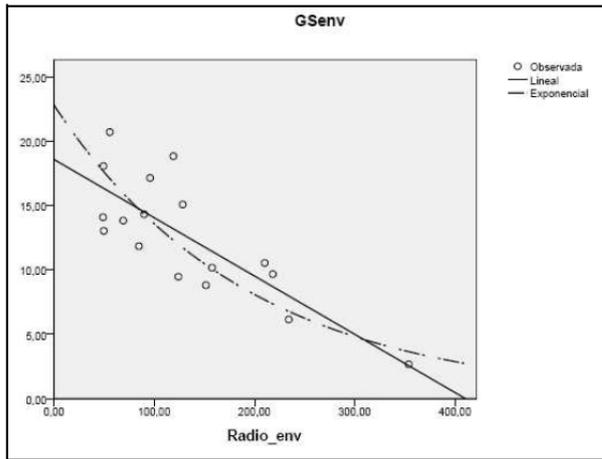


Gráfico 8.7: GS de los envases (en%) frente al Radio de acción (en m) para ciertas ciudades de España, entre ellas Barcelona en 2007.

Fuente: GALLARDO IZQUIERDO, Antonio; et al. 2008. Estudio de los Modelos de Recogida Selectiva de Residuos Urbanos implantados en ciudades españolas: Grado de Separación de materiales en origen.

## CAPÍTULO IX

### TRATAMIENTO DE LOS RSU: PROPUESTA

#### 9.1 ALTERNATIVA PARA RESIDUOS ORGÁNICOS

##### 9.1.1 Introducción

La materia orgánica del residuo inicia su descomposición con una etapa de hidrólisis que libera gran cantidad de líquidos lixiviados (que deben extraerse mediante un sistema de tuberías ubicado en el fondo impermeable del relleno para tratarse adecuadamente), lo que se suma al agua de lluvia que ingresa en el frente de trabajo durante todo el período de gestión.

A causa del proceso de descomposición anaeróbica que se produce dentro de un enterramiento controlado se generan gases de “efecto invernadero” (como el metano) por lo que se debe evitar su venteo a la atmósfera sin quemarse por lo menos. Esto determina que obligatoriamente se deba recolectarlos mediante la colocación de chimeneas. Como no es posible recolectar los gases en su totalidad (50% como porcentaje de máxima); se genera un impacto permanente para el ambiente a causa de este tipo de gestión de residuos.

Tal circunstancia determina que sea muy deseable como objetivo de gestión ambiental recuperar la materia orgánica y evitar que se envíe a un relleno sanitario.

La materia orgánica recuperada por su característica biodegradable, puede tratarse en forma aeróbica obteniéndose “compost”, o alternatively digerirse anaeróbicamente en un biodigestor y recuperar energía (biogás combustible) y también un residuo estabilizado semi-líquido que retiene todos los nutrientes originales del residuo (fundamentalmente nitrógeno, fósforo y potasio), que puede volverse a la tierra para iniciar un nuevo ciclo productivo.

Por otro lado, la fracción orgánica, merece un tratamiento diferenciado por tres motivos:

- Su importancia relativa en peso, ya que representa en la ciudad de Frías prácticamente el 46% del total de residuos urbanos. Es decir, que en la ciudad se genera alrededor de 9255 kilos de residuos orgánicos por día actualmente.
- Sus propiedades físicas y químicas (elevada humedad, muy putrescible, malos olores y atrae insectos), que complican la recogida, transporte y tratamiento del conjunto de residuos.
- Posibilidad de reciclaje mediante tratamiento biológico (compostaje o digestión anaerobia) que la transforman en energía y/o bioabono orgánico.

Con el fin de reducir el volumen de los residuos destinados a disposición final, y considerando que por primera vez la ciudad tendría un cambio de cultura frente al medio ambiente y daría inicio al tratamiento de los residuos y a una gestión integral de los mismos, se propone como alternativa para la valorización de los residuos orgánicos el proceso de compostaje, ya que es una opción que requiere bajo capital de inversión, y presenta simplicidad en las operaciones; es un sistema oxigenado, por lo tanto con menor producción de olor y producto final estable; es una opción sustentable, ya que podemos generar abono al revalorizar los residuos de origen orgánico adoptando de esta manera una postura menos individualista frente al consumo de los recursos naturales, y además es beneficiosa desde el punto de vista de la salud medioambiental.

## 9.1.2 COMPOSTAJE

### 9.1.2.1 Introducción

Se denomina compostaje al proceso de descomposición biológica que, en presencia de aire, sufren los materiales orgánicos, y que termina produciendo un producto estable: el compost o abono orgánico, cuya apariencia es similar a la tierra.

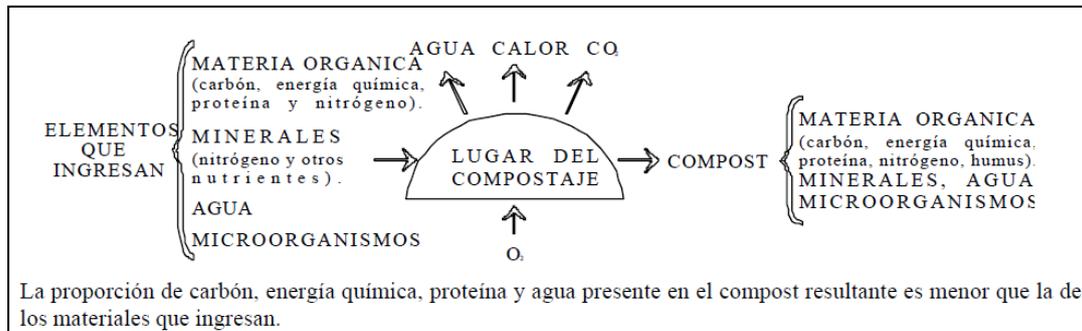
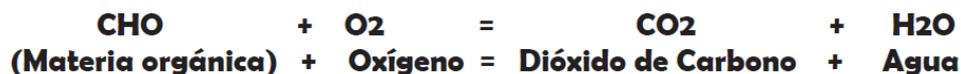


Figura 9.1: Proceso de compostaje (Fuente: Plan Nacional de valorización de residuos, Año 2000)

La materia orgánica está constituida mayoritariamente por los siguientes elementos químicos: C: Carbono, H: Hidrogeno y O<sub>2</sub>: Oxígeno. Los microorganismos transforman estos elementos en presencia de oxígeno en dióxido de carbono y agua:



Esta biodegradación es un proceso natural, de trámite lento que puede llevarse a cabo tanto en un medio natural como en una instalación artificial.

En este último caso su eficiencia radica en la posibilidad de control de las condiciones ambientales durante la operación. Este control jugará un rol preponderante en acelerar el grado de descomposición y mejorar la calidad del producto final.

### 9.1.2.2 Objetivos

Considerando que al iniciar el proyecto de valorización de RSU será difícil obtener una correcta separación en origen por parte de los ciudadanos, y por ende la obtención de un compost de calidad, es que la realización de éste compost tendrá como objetivo la reducción de la cantidad de residuos orgánicos destinados al relleno sanitario y su costo asociado. El compost obtenido será enviado como cubierta para el relleno sanitario; también puede emplearse para atender necesidades municipales o comunitarias.

A futuro, considerando el largo plazo, una vez que los ciudadanos aprendan a separar correctamente los residuos en origen y hagan de esto una costumbre, se pretende trabajar para obtener un compost de calidad, un producto que pueda insertarse en el mercado. Otra opción a futuro sería que parte de los residuos orgánicos se destinen a un proceso anaeróbico, con el fin de obtener biogás y emplear éste para generar energía eléctrica e iluminar la planta, lo que permitiría un ahorro significativo en energía.

### 9.1.2.3 Los materiales y el compost

Materiales que se pueden compostar:

| Residuo  | Efecto  |
|--|---|
| <b>Cocina</b>  |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Restos de verdura y fruta</li> <li>• Restos de carne</li> <li>• Huesos</li> <li>• Pasta y arroz hervido</li> <li>• Cáscara de huevo</li> <li>• Productos lácteos</li> <li>• Borra de café y bolsas de infusión</li> <li>• Ceniza de madera no tratada</li> <li>• Aserrín</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descomposición rápida. No genera problemas</li> <li>• Pueden causar olores o atraer insectos o animales</li> <li>• Descomposición lenta. Mejoran la estructura</li> <li>• Causa compactación si se incorpora mucha cantidad.</li> <li>• Descomposición lenta. Aporta calcio</li> <li>• Pueden causar olores de mucha cantidad</li> <li>• No genera problemas en cantidades habituales</li> <li>• Aporta minerales al compost</li> <li>• Descomposición lenta. Absorbe humedad</li> </ul> |
| <b>Jardín y Huerta</b>   |   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Recortes de césped</li> <li>• Restos de poda, hojas secas</li> <li>• Restos de cosecha de huerta</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Puede producir compactación, si no hay equilibrio en la mezcla de materiales</li> <li>• Descomposición lenta. Mejoran la aireación</li> <li>• Descomposición rápida</li> </ul>   |

Materiales que no se pueden compostar:

A este grupo pertenecen mayoritariamente los residuos de origen inorgánico, no biodegradables, y los que aun siendo orgánicos suponen una fuente de contaminación para el producto final:

- Objetos duros, vidrio, metal, tetrabricks, plástico, pilas, etc.
- Medicamentos, detergentes
- Productos químicos (pinturas, esmaltes, etc.)
- Papel con tinta en color
- Cenizas de madera tratada
- Restos de polvo y limpieza ( aspirador, escoba)
- Aceite de motor

### 9.1.2.4 Proceso de compostaje

El proceso de compostaje puede dividirse en cuatro períodos, atendiendo a la evolución de la temperatura, los cuales se mencionan a continuación:

**Mesolítico:** Al comienzo del proceso la masa vegetal está a temperatura ambiente y los microorganismos mesófilos se multiplican rápidamente. Como consecuencia de la actividad metabólica la temperatura se eleva y se producen ácidos orgánicos que hacen bajar el pH.

**Termofílico:** Cuando se alcanza una temperatura de 40 °C, los microorganismos termófilos actúan transformando el nitrógeno en amoníaco y el pH del medio se hace alcalino. A los 60 °C estos hongos termófilos desaparecen y aparecen las bacterias esporígenas (formadoras de esporas) y

actinomicetos. Estos microorganismos son los encargados de descomponer las ceras, proteínas y hemicelulosas.

**Enfriamiento:** Cuando los materiales fácilmente degradables se agotan, la descomposición se torna más lenta y el calor que se genera es menor, como consecuencia comienza a enfriarse la pila. Cuando la temperatura es menor de 60 °C, reaparecen los hongos termófilos que re-invasen el mantillo y descomponen la celulosa. Al bajar de 40 °C los mesófilos también reinician su actividad y el pH del medio desciende ligeramente. Los procesos son más lentos y el calor decrece hasta alcanzar la temperatura ambiente.

**Maduración:** Es un período que requiere meses a temperatura ambiente, durante los cuales se producen reacciones secundarias de condensación y polimerización del abono.

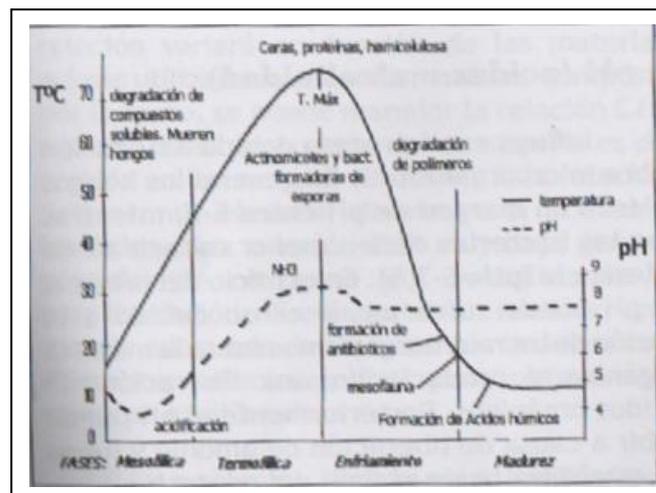


Gráfico 9.1: Evolución de la temperatura y el pH durante las diferentes etapas del compostaje  
Fuente: Manual práctico de compostaje; Paola Campitelli, Silvia Ceppi, Manuel Velasco -2010

Al comienzo del proceso es importante disponer de una cantidad adecuada de residuos orgánicos. Estos materiales nos aportarán la materia orgánica, minerales, y microorganismos para que, en las condiciones de aireación y humedad apropiadas, se produzcan las reacciones de descomposición de tipo aeróbica. A partir de esa pila de residuos, empezarán a trabajar los diferentes grupos de microorganismos, rompiendo desde las moléculas más simples a las complejas.

Cuanto mayor es la cantidad de residuos que se compostan, mayor es la energía liberada, favoreciendo el aumento de temperaturas. Esta parte del proceso es importante porque las altas temperaturas alcanzadas higienizan el material, es decir, se destruyen bacterias patógenas, protozoos, y semillas, que resultan perjudiciales para la salud o los cultivos.

La fase de descomposición es la más exigente del proceso y no realizarla en las condiciones adecuadas condiciona la continuación del mismo, la aparición de problemas de lixiviados y malos olores, además de influir en la calidad del producto final.

A medida que transcurre el tiempo el volumen de la pila y el tamaño de las partículas disminuyen, por ejemplo si se considera 9 meses para el proceso de compostaje al final del mismo solo nos queda un 30-35% del volumen inicial, es decir, que de cada 100kg de materia orgánica, se obtienen 30kg de compost, el resto se pierde en forma de vapor de agua y CO<sub>2</sub>; el color aumenta pasando de amarillo-verdoso a pardo claro (compost joven), a pardo oscuro (compost maduro) caracterizado por un típico olor a tierra, es desmenuzable y no permite más el reconocimiento de los materiales de origen.

Para usos prácticos, se consideran dos grados de descomposición del material sometido al proceso de compostaje:

- a) Bioestabilizado: el compost puede ser utilizado como fertilizante sin causar daños a las plantas. En el proceso de compostaje normal esta condición es alcanzada en 60/90 días (y generalmente se monitorea a través de la relación de carbono y nitrógeno contenidos en el material que en este estado no debe superar 18/1).
- b) Curado: el compost ya completamente degradado, ha estabilizado las características de conformación y composición que lo harán adecuado a usos generales o específicos. En las mismas condiciones de compostaje, se requiere un periodo adicional de 90/120 días para alcanzar ese estado (relación C/N inferior a 12/1).

Los requerimientos de calidad para aplicación del compost estarán dirigidos a conseguir:

- Aspecto y color aceptables.
- Higienización correcta
- Muy bajo nivel de impurezas y contaminantes

Por lo tanto ha de tenerse en cuenta:

- Calidad física: granulometría, capacidad de retención de agua, humedad, presencia de partículas extrañas, olor.
- Calidad química: en la que destacan tres vertientes: contenido y estabilidad de la materia orgánica, contenido y velocidad de mineralización de los nutrientes vegetales que contenga y presencia de contaminantes inorgánicos u orgánicos.
- Calidad biológica: presencia de semillas de malas hierbas, bacterias patógenas primarias y secundarias.

#### 9.1.2.5 Condiciones del Proceso

1. Mezcla de residuos: la mezcla de diferentes tipos de residuos orgánicos, equilibra la humedad y la estructura. Por ejemplo, los restos de cocina, hojas, césped y otros materiales húmedos, se deben mezclar con ramas, arbustos y otros restos de poda más secos y estructurales, para componer una matriz suficientemente esponjosa.
2. Tamaño de las partículas: es un factor crítico para obtener un equilibrio entre la superficie específica para el ataque de los microorganismos y el mantenimiento de una adecuada porosidad necesaria para mantener la aireación. Un tamaño recomendable está comprendido entre 1 y 5 cm.
3. Relación C/N: la composición de los materiales debe aportar un nivel óptimo de nutrientes para el desarrollo de los microorganismos. Una relación carbono/nitrógeno (C/N) entre 25-35 es adecuada para que el proceso se inicie, debido a que los microorganismos requieren aproximadamente de 30 partes de carbono por cada parte de nitrógeno. Se puede manejar la relación C/N a partir de las proporciones de los materiales de partida en la mezcla. Con un exceso de carbono, disminuye la actividad biológica, prolongando el proceso de descomposición; y una carencia de éste puede producir pérdidas de nitrógeno en forma de amoníaco produciendo malos olores.  
Una relación C/N equilibrada normalmente asegura que el resto de nutrientes necesarios (P, K, S, Ca) estén presentes en cantidades adecuadas.  
Esta relación disminuye a medida que el proceso de compostaje avanza, alcanzando valores finales que dependen del material de partida.

Tabla 9.1: Composición de algunos materiales compostables

| Material                   | % de Nitrógeno | Relación C/N |
|----------------------------|----------------|--------------|
| Residuos de fruta          | 0,9 – 2,6      | 20-49        |
| Cáscara de arroz           | 0-0,4          | 113-1120     |
| Residuos vegetales         | 2,5-4          | 11-13        |
| Estiércol de gallina       | 1,6-3,9        | 12-15        |
| Estiércol de vaca          | 1,5-4,2        | 11-30        |
| Estiércol ovino            | 1,3-3,9        | 13-20        |
| Purines                    | 1,9-4,3        | 9-19         |
| Basura domiciliaria        | 1,9-2,9        | 14-16        |
| Papel                      | 0,2-0,25       | 127-178      |
| Heno                       | 0,7-3,6        | 15-32        |
| Paja                       | 0,3-1,1        | 48-150       |
| Corteza de maderas duras   | 0,10-0,41      | 116-436      |
| Corteza de maderas blandas | 0,04-0,39      | 131-1285     |
| Aserrín                    | 0,06-0,8       | 200-750      |
| Restos de jardinería       | 2,0-6,0        | 9-25         |
| Hojas                      | 0,5-1,3        | 40-80        |
| Podas de árboles           | 3,1            | 16           |

Fuente: Manual práctico de compostaje, Paola Campitelli, Silvia Ceppi, Manuel Velasco - 2010

4. Oxígeno: para que el proceso de descomposición sea óptimo, se necesita la presencia de aire. Una matriz bien estructurada permite que el aire llegue a todas partes del material y así este pueda descomponer (descomposición aeróbica). Cuando el material es demasiado denso y falta aire, este se pudre descontroladamente (descomposición anaeróbica). La aireación no permite el desarrollo de las bacterias anaeróbicas que son las que se desarrollan cuando el oxígeno no es suficiente y son causantes del mal olor. El contenido de oxígeno óptimo se encuentra entre el 15-20%. Las necesidades de oxígeno varían durante el proceso, siendo máxima durante la etapa termofílica.
5. La humedad: es un factor importante del proceso. La humedad ideal es del 40-60%. Si falta agua, el proceso se ralentiza y la descomposición no es completa. Por el contrario, si se aporta agua en exceso, se produce anaerobiosis, el agua tiende a ocupar los poros desplazando al aire y provocando que el material se pudra. Por lo cual, es muy importante tener en cuenta las condiciones climáticas, principalmente las lluvias promedio de la región.
6. Temperatura: Las altas temperaturas que tienen lugar en la primera etapa actúan destruyendo la mayoría de las bacterias y hongos. Las temperaturas ambientales bajas dificultan el desarrollo bacteriano pero de ningún modo las detiene. La evolución de temperaturas durante el proceso está íntimamente relacionada con la actividad biológica, pero también influyen otros factores (cantidad de residuos, clima, sistema de compostaje, localización, frecuencia de riegos y volteos).  
Una forma de monitorear la temperatura del camellón o pila es introducir en el centro de la misma (sin tocar la base) un termómetro digital. Es conveniente tomar la temperatura en varios sectores a lo largo del camellón y luego calcular un promedio.
7. PH: Influye en el proceso debido a su acción sobre microorganismos. En general los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia (pH= 6-7,5).

### 9.1.2.6 Pasos para realizar el compostaje

El proceso está basado en la mezcla y posterior trituración de distintos materiales, para pasar seguidamente a las líneas de compostaje, donde permanecerán durante un período variable entre 3 y 6 meses, en función del material a compostar, de las operaciones realizadas y de la utilización final del mismo.

Los materiales están sometidos a distintos tratamientos a lo largo del período de compostaje: volteo, aireación, y adición de agua para lograr la estabilización de la materia orgánica y obtener un compost de calidad.

Los pasos para el compostaje son los siguientes:

- a) Trituración: para trabajar en las mejores condiciones del proceso, interesa que los materiales tengan un tamaño de partícula reducido y homogéneo, para favorecer la descomposición y una correcta mezcla de materiales que configurara una buena estructura. El proceso de trituración desgarrará las fibras vegetales de tal forma que queden expuestas al aire la mayor superficie posible a fin de que los microorganismos puedan actuar sobre ella. De esta manera, la materia orgánica puede además absorber la mayor cantidad de humedad, o en su defecto, tener la más grande tasa de evaporación que ayude a su rápida y total degradación.

- b) Edificación de pilas de compost: Los restos verdes debidamente triturados y el resto de materia orgánica son depositados conjuntamente en pilas o camellones para que se efectúen los procesos de fermentación y maduración controlados. Estos desechos deben ser adecuadamente mezclados, aireados, y removidos para permitir la degradación de manera homogénea y evitar los malos olores.

Una vez formado el camellón es importante realizar un manejo adecuado del mismo, ya que de él dependerá la calidad final del compost. La pila debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de la oxidasa (enzima que aumenta la velocidad de reacción de reducción empleando oxígeno) por parte de los microorganismos descomponedores. El volteo de los materiales es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de oxígeno en diferentes zonas en el proceso de compostaje, además de homogeneizar la mezcla e intentar que todas las zonas de la pila tengan una temperatura uniforme al poner en contacto todo el material con diferentes zonas. Si el camellón está muy compacto, tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada se pueden producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas.

El manejo del camellón dependerá de la estación del año, del clima y de las condiciones del lugar.

Es aconsejable voltear el material por primera vez cuando han transcurrido 4 a 8 semanas y luego una o dos veces al mes mientras dura el proceso.

- c) Purificación del compost: Al fin del ciclo se requiere de un tamizado para limpiar el compost bruto de las impurezas, todos los elementos no estrictamente orgánicos, y la materia no degradada del compost maduro.

Igualmente, este proceso permite calibrar los gránulos de compost de acuerdo a las necesidades y exigencias específicas del mercado. Esta fase puede completarse con la formulación o la adjunción de aditivos orgánicos, minerales o químicos para formular la mezcla y convertirla en un abono orgánico industrial.

- Fino (0-8mm): para los viveros de cultivo de plantas jóvenes. Con esta granulometría se optimiza el desarrollo de las raíces de los almácigos (lugar donde se siembra distintos tipos de semillas).
- Mediano (0-15mm): para los cultivos de hortalizas y para particulares. Esta granulometría es ideal para el crecimiento de las legumbres, frutas y flores en la tierra, en viveros o en maceta.

- Guesa (15-25mm): para la agricultura (esparcimiento en los campos), plantaciones de árboles (palma, viñas, café, olivos, paltos) y para la reforestación, reverdización (creación de nuevos parques o zonas verdes). Esta granulometría está compuesta de una mezcla de pedazos más gruesos y partículas finas, donde:
  - La fracción gruesa asegura:
    - Un efecto “mulching” al pie de los árboles: anti-erosión, mantenimiento de la humedad en el suelo.
    - Un efecto remanente para la alimentación de la planta. La fracción más gruesa va a continuar degradándose después de su incorporación al suelo y así continuar siendo una fuente de elementos nutritivos de largo plazo y en función de sus necesidades.
  - La fracción fina proporciona:
    - Una fuente inmediata de alimentación para la planta.
    - Un terreno propicio al desarrollo del bello de las raíces.

A comienzos del proyecto la etapa de purificación del compost no será tenida en cuenta ya que el mismo será destinado al relleno sanitario. Cuando se considere posible obtener un compost de calidad, se requerirá de una zaranda para esta etapa.

El siguiente flujo muestra las tareas contempladas en el proceso de compostaje que se realizarán en la planta de tratamiento que se propone:

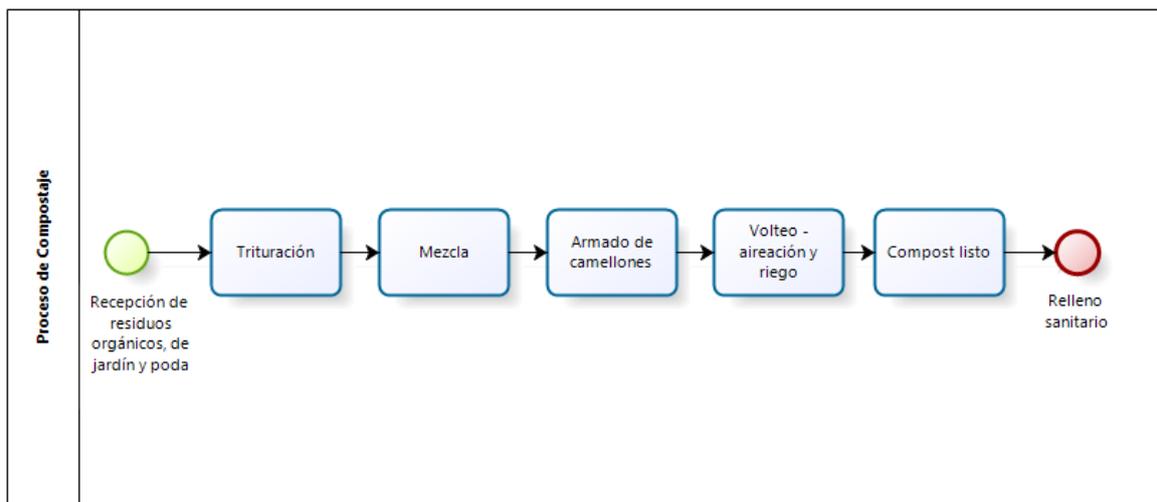


Gráfico 9.2: Diagrama de flujo de proceso de compostaje

### 9.1.2.7 Área de compostaje

#### Andenes

Para ser compostada, la materia orgánica debe poseer una buena estructura que permita una aireación natural del compost. Esta estructura se obtiene a través de una buena mezcla de diferentes tipos de desechos y una relación óptima C/N.

Resulta imprescindible y de suma importancia de elaborar camellones homogéneos compuestos de materias:

- Lignosas desfibradas que contienen carbono (madera, ramas, paja con estiércol).
- Nitrogenadas (hierbas, frutas, cáscaras, hojas, guanos, estiércol, gallinaza).

La incorporación de materias nitrogenadas se realiza de acuerdo a su naturaleza y su estructura, sea en el triturador, o después de la trituración por intermedio del volteador de andenes.

### Lixiviados

Los lixiviados producidos como también el agua de lluvia que se junte en el área deben ser recolectados y enviados luego a una planta de tratamiento, que además trate los que se generen en el relleno sanitario.

### Superficie

De acuerdo a bibliografías consultadas se recomienda la construcción de pilas o camellones de sección triangular o trapezoidal, cuyo largo es mayor que su ancho y alto (los que, están generalmente en relación 2:1) y donde el alto ideal está determinado por la capacidad de la pila de producir y mantener la temperatura necesaria sin impedir que el oxígeno llegue al punto central de la masa. Para la mayor parte de las composiciones del material a compostar esta altura varía entre 1 y 2 metros con un ancho de pila de aproximadamente 3 metros (no pueden ser más grandes para no generar condiciones anaeróbicas que provocan fermentación, olor y gases). El volteado periódico de las pilas (generalmente una vez por semana) introduce aire en la masa, incrementa su porosidad y mueve el material de la superficie hacia la parte interna donde acelera su compostaje.

Las dimensiones de la pila de compostaje influyen básicamente en la aireación y temperatura de la misma, y por lo tanto en la transformación adecuada del material orgánico.

La altura puede variar según el clima de la zona, en climas cálidos se trabaja con menor altura para que la pila no caliente en exceso y en climas fríos pilas más altas para mantener la temperatura. Es necesario para esto producir y determinar la altura de la pila para cada localidad.

Es importante mencionar que no existen medidas estándar de las dimensiones de pilas. Se planteará en este caso pilas con un ancho de 2,5 m, y altura de 1,50 m máxima (esta altura se plantea considerando que en la ciudad de Frías el clima es cálido), lo que nos da un volumen de 1,875 m<sup>3</sup> por metro lineal de la pila.

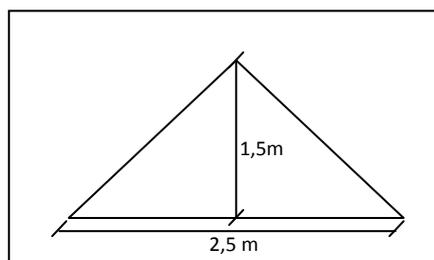


Figura 9.2: Dimensiones del camellón

Para dimensionar la cancha de compostaje se tiene en cuenta la cantidad de residuos orgánicos a 10 años: 26Tn.

Considerando una densidad promedio de los residuos orgánicos de 430 kg/m<sup>3</sup>, se generarían 27,99 m<sup>3</sup> de los mismos diariamente. El cociente entre estos dos volúmenes nos da la longitud necesaria por día para una pila de compostaje:

Días para llenar camellón = Volumen del camellón / Volumen de residuos por día

$$27,99 \text{ m}^3 = (\text{altura} * \text{ancho})/2 * \text{largo}$$

$$\text{Largo} = 27,99 \text{ m}^3 / 1,875 \text{ m}^2 = 14,93 \text{ m} = 15\text{m}.$$

El largo dependerá de la disponibilidad del terreno. Teniendo en cuenta lo anterior y buscando la manera de ocupar el menor espacio posible pero que permita realizar el trabajo de

manera cómoda, se plantea que sean dispuestas en largos de 60 metros. Con lo que se tendrá un área de base de 150 m<sup>2</sup> por camellón.

Se tiene en cuenta también el espacio necesario entre pilas, el que dependerá de la manera en que se realicen las operaciones de remoción y aireación. Si la operativa es manual, el pasillo puede tener un ancho de 1,5 a 2m. Si la operación es mecanizada, deberá tener el ancho suficiente para que la máquina maniobre adecuadamente. En este caso consideramos que la operación sea realizada con un removedor de compost accionado por un tractor, con lo que se establece un ancho de pasillo de aproximadamente 4m.

Además debemos considerar el tiempo de compostaje, ese es el tiempo transcurrido desde la conformación de un camellón hasta la obtención del compost estable. Este tiempo varía según las características de los residuos a compostar, condiciones climatológicas (temperatura, ambiente, % de humedad, etc.), manejo físico químico, manejo microbiológico y características del producto final que se desea obtener. Considerando que el volteo de los camellones será realizado con máquina volteadora se estima que los días requeridos de permanencia de los residuos en el camellón para lograr los parámetros de estabilidad requeridos, son de 60 días, y que de acuerdo al volumen que se dispone para el mismo este se llena en 4 días, la cantidad de camellos requeridos es:

Cantidad de camellón requerido = Días en que se deja el residuo en el camellón/ días para llenar un camellón

$$\text{Cantidad de camellones} = 60/4 = 15 \text{ camellones}$$

La cantidad de pasillos estará en función de la distribución de los camellones. Para aprovechar más el espacio en la planta de tratamiento se propone la siguiente distribución para esta cantidad de camellones: 5 filas separadas cada 4 metros de 3 camellones separados estos cada 1,5 metros.

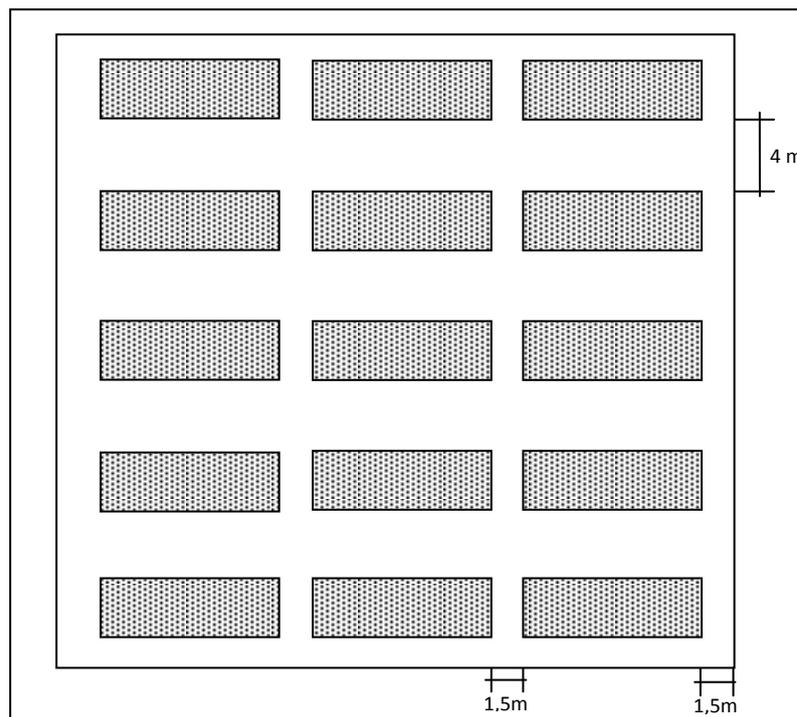


Figura 9.3: Dimensiones de pasillos de cancha de compostaje

Se considera además 1,5 metros de cada lado del perímetro de la cancha de compostaje para realizar las canaletas de recolección de lixiviados y lograr un manejo más adecuado y cómodo de los camellones.

Considerando las medidas anteriores, cantidad de camellones y pasillos, se prevé necesario un área de 5859 m<sup>2</sup>. Es decir, se estima necesaria una superficie de 0,6ha para la realización del compost.

En la actualidad, se generan alrededor de 21,53 m<sup>3</sup> de residuos orgánicos. Con lo que un camellón de las dimensiones planteadas se llenaría en 5 días, entonces se necesitaría un número menor de camellones. De manera que se podría contemplar la superficie necesaria total a futuro al momento de la adquisición del terreno, pero solo realizar la superficie de hormigón de la cancha para tratar la cantidad de residuos actual, es decir una superficie aproximada de 4650 m<sup>2</sup>. En este caso se necesitaría 12 camellones

Al final del proceso de compostaje, el material orgánico se reduce aproximadamente en un 18%, obteniendo de compost un 82% del total del material dispuesto al tratamiento:

Tabla 9.2: Balance de masa

| Balance de Masa  |           |                           |                                |           |                           |                           |                               |        |
|--|-----------|---------------------------|--------------------------------|-----------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------|--------|
| Contenido  | Masa (kg) | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Densidad ( Kg/m <sup>3</sup> ) | % Peso    | Masa (kg)                 | Volumen (m <sup>3</sup> ) | Densidad (kg/m <sup>3</sup> ) | % Peso |
| <b>Entrada</b>   |           |                           |                                |           |                           |                           |                               |        |
| RSU  | 20000     | 100                       | 200                            | 100       | 26000                     | 130                       | 200                           | 100    |
| <b>A compostar</b>                                     |           |                           |                                |           |                           |                           |                               |        |
| Material Orgánico                                      | 9260      | 21,53                     | 430                            | 46,3      | 12038                     | 28,00                     | 430                           | 46,3   |
|  | Masa (Kg) | Volumen (m <sup>3</sup> ) | %Peso                          | Masa (kg) | Volumen (m <sup>3</sup> ) | % Peso                    |                               |        |
| <b>Salida del Compostado ( a 60 días)</b>              |           |                           |                                |           |                           |                           |                               |        |
| Orgánico perdido (H <sub>2</sub> O - CO <sub>2</sub> ) | 1655,23   | 6,74                      | 0,08                           | 2151,79   | 8,76                      | 0,08                      |                               |        |
| Orgánico remanente                                     | 7604,78   | 14,80                     | 0,82                           | 9886,21   | 19,23                     | 0,38                      |                               |        |

### 9.1.2.8 Consideraciones durante el compostaje

- Es importante intercalar cada 20-30 cm de altura una fina capa de 2-3 cm de espesor de compost maduro o de estiércol para facilitar la colonización de la pila por parte de los microorganismos.
- Es adecuado armar las pilas sobre superficie de hormigón de manera de evitar la penetración del lixiviado al suelo, y facilitar su recolección, como también facilitar el volteo y humectación de las parvas. Sin embargo también pueden tener instalaciones mucho más baratas con un piso firme bien compactado. El playón sobre el que se disponga debe tener una inclinación de aproximadamente 2% de manera que posibilite el escurrimiento de los lixiviados generados.
- Interesa cubrir la pila para conservar mejor el calor y proteger el material del sol, la lluvia, insectos, etc. Para ello, se pueden realizar los camellones sobre una superficie techada, o usar plásticos lo suficientemente grandes.



Figura 9.4: Diferentes instalaciones para producir compost

- Una manera sencilla de saber si el compost se encuentra en un rango de humedad apropiado, es tomar un puñado de material y apretarlo con la mano. Este deberá permanecer compacto, si se desmenuza significa que está demasiado seco y si se desprenden gotas de agua que está demasiado húmedo.
- Para acelerar el proceso de compostaje, se puede jugar con la frecuencia de riegos y volteos. Si se realiza esta operación una o dos veces por semana, se podrá obtener un compost en cuatro meses. Si se opta por no voltear, el periodo será de unos doce meses.
- Se reconoce un compost maduro cuando:
  - El material se ha enfriado y reducido el volumen aproximadamente una tercera parte del original.
  - El compost, es de color marrón oscuro o negro, y con un olor agradable a tierra.
  - Su aspecto ha de ser homogéneo, y no se han de diferenciar los restos orgánicos que se han ido incorporando.
  - Es ligero al tacto y esponjoso. Se puede desmenuzar fácilmente con las manos y no se compacta al presionarlo.

#### 9.1.2.9 Otros métodos de realizar compost

##### Pilas Estáticas Aireadas

Este método se basa en el aireado mecánico (forzado) de pilas de material que, por lo tanto, no deben ser volteadas a ese fin (estáticas).

Las pilas se arman sobre una trama de caños a través de los cuales se suministra el aire necesario para el compostaje y permanecen allí hasta la finalización del proceso que puede requerir entre 4 a 6 semanas después de lo cual pasa a la etapa de cribado y maduración.

El aire suministrado puede ser soplado (presión positiva) a través de la pila o aspirado (presión negativa) a través de ella y su ingreso estará controlado por un termostato de forma de proveer el oxígeno sin permitir un excesivo calentamiento de la pila a fin de mantener las condiciones y temperaturas óptimas para la actividad microbiana.

Esta provisión controlada de aire permite la construcción de pilas de mayor tamaño y disminuir en consecuencia la necesidad de área a utilizar.

Las temperaturas en el interior de las pilas son, normalmente, suficientes para destruir la mayor parte de las bacterias patógenas presentes, no así en la superficie a causa de que, en este sistema, las pilas no son volteadas.

El método de pila estática resulta adecuado tanto para residuos verdes como para RSU mezclados con los mismos problemas que el sistema de disposición en hileras cuando se realice a cielo abierto.

##### Compostaje en Recintos Cerrados

Estos sistemas confinan el material a procesar en una cámara o recinto donde se mantienen permanentes las condiciones adecuadas de humedad, aireación y mezclado.

Los recintos estancos son, frecuentemente, similares a contenedores, silos o túneles que pueden rotar o poseer algún mecanismo de agitación del material procesado.

En todos los casos el compostaje deberá completarse con un período de estabilización fuera de la cámara.

La mayor ventaja de estos sistemas radica en la aceleración del proceso como consecuencia de permitir el total control de las condiciones en que se realiza.

Dado que el material es frecuentemente volcado y mezclado para homogenizar el compost y promover la rápida transferencia de oxígeno, el proceso se completa en plazos que van de 1 a 4 semanas con mínima producción de olor y lixiviados.

Los métodos utilizados en el proceso de compostaje aeróbico, además incluyen en todos los casos operaciones de separación (de elementos no compostables y/o contaminantes), cribado y maduración (estabilización).

Estos métodos se diferencian en la forma de incorporación del aire, control de la temperatura, mezcla o volteado del material y tiempo de duración del proceso. También pueden diferenciarse en la inversión inicial requerida y en los costos operativos.

### 9.1.2.10 Compostaje en relación al método de Recolección

| RSU separados en origen  | RSU mezclados  |
|--|--|
| <b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Menos posibilidad de contaminación</li> <li>• Mayor calidad final del producto (dada la menor presencia de materiales no compostables)</li> <li>• Menor costo del procesamiento del material, menor espacio destinado a descargas y almacenamiento de material ingresante.</li> <li>• Promueve la participación de los residentes</li> </ul> | <b>Ventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• No modifica la tarea de recolección</li> <li>• No implica para los residentes ningún trabajo adicional</li> </ul>                        |
| <b>Desventaja:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere una tarea (separación) a realizar por los residentes, comercios e instituciones.</li> <li>• Puede requerir mayor trabajo de recolección y nuevos recipientes o bolsas.</li> </ul>   | <b>Desventajas:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayor potencial de contaminación (que puede derivar en menor calidad del producto)</li> <li>• Mayor costo de procesamiento</li> </ul> |

## 9.2 PLANTA DE TRATAMIENTO

### 9.2.1 Introducción

La GRSU se está convirtiendo en un tema de importancia a nivel nacional, provincial y municipal. Dentro del debate instalado surge como consenso general, que debe tenderse a la disminución del volumen a disponer, a efectos de evitar contaminación generalizada, y minimizar espacios necesarios para esta disposición.

Las plantas de tratamiento de RSU, permiten por un lado reducir volúmenes de residuos para disposición final, en porcentajes tanto más altos como la complejidad de los procesos que se dispongan.

En paralelo, los procesos de separación y tratamiento, requieren de personal, entonces permiten incorporar al mercado formal a los trabajadores informales que se dedican a la recuperación no reglamentada o cirujeo.

Para el tratamiento de los residuos sólidos secos, se propone la instalación de una planta de separación, clasificación y recupero de los residuos. Esta tendrá funciones de recepción, control, pesaje y reciclado/tratamiento de diversas fracciones de los residuos como paso previo a la Disposición Final.

En esta planta no solo se realizará el tratamiento de los residuos secos o inorgánicos, sino también de los residuos húmedos u orgánicos. Por esta razón será dimensionada según las características de los RSU del municipio, la cantidad de residuos, su composición, y el tratamiento seleccionado para cada uno de los mismos.

Se plantea que la planta de tratamiento sea responsabilidad de la municipalidad de la ciudad y se forme como un área de la secretaría de Obras y Servicios Públicos.

## 9.2.2 Planta de clasificación de RSU

En la planta de separación de residuos se realizarán las siguientes actividades:

- 1) Recepción, egreso y control: al ingresar los camiones a la planta estos serán pesados en una balanza de manera de llevar un control de la cantidad de residuos que se genera. Así mismo el conductor del camión al momento de ingresar deberá entregar una ficha al encargado donde indique en qué zona de la ciudad realizó la recolección, tipo de residuo, y cualquier otro dato relevante. Al momento del egreso del camión este volverá a pesarse y este dato se colocará en la ficha que entregue el conductor junto con el pesaje inicial; esta ficha será archivada.
- 2) Descarga y alimentación: esta actividad será realizada por 2 operarios, uno con ayuda de una pala cargadora levantará los residuos que haya descargado el camión en la zona de descarga y alimentará gradualmente una tolva que lleva a los residuos a la cinta transportadora de clasificación. El otro operario controlará y asegurará el orden y la limpieza, colocando dentro de la tolva los residuos que caigan fuera de la misma, además se encargará de separar cualquier elemento voluminoso que encuentre evitando que llegue a la cinta transportadora y los días de recolección de orgánicos separará los residuos destinados a disposición final y los enviará al relleno sanitario de manera que los operarios no entren en contacto con éstos.
- 3) Clasificación: luego de alimentar la tolva en la zona de descarga, los residuos pasarán por una cinta transportadora al sector de clasificación. A los costados de la cinta de separación se ubicarán los operarios encargados de la clasificación y separación de los residuos, quienes luego de separar el material los verterán por la boca de cada conducto de descarga que se encuentra a su lado de manera que el material caiga en los carros metálicos de transporte. En los días de recolección de inorgánicos, por cada tronera se desviarán los residuos clasificados, por una línea lateral se derivarán los orgánicos que pudieran venir, y al final de la cinta principal caerán los contaminantes o residuos descartados. En los días de recolección de orgánicos, por las troneras se derivarán los residuos que puedan recuperarse, al final de la cinta caerán los residuos descartados o contaminantes, y por la línea lateral se derivarán los orgánicos.
- 4) Traslado interno: los operarios encargados de la actividad serán los que controlen que los carros metálicos que se encuentran debajo de cada tronera no se desborden con el material separado, y trasladar aquellos carros que hayan alcanzado su capacidad máxima al sector de acondicionamiento. Al trasladarlos, dejar un carro vacío en su reemplazo.
- 5) Prensado-compactado y almacenamiento: los operarios a cargo de la actividad, serán los encargados de colocar el material separado que se encuentra en los carros, en la prensa o máquina enfardadora, los cuales serán compactados y enfardados. En el caso de materiales como el vidrio se almacenarán directamente en contenedores. Una vez listos los fardos estos serán llevados al sector de almacenamiento y acopiados según cada tipo de material en el área correspondiente.

De manera que los RSU tendrán el siguiente recorrido y tratamiento:

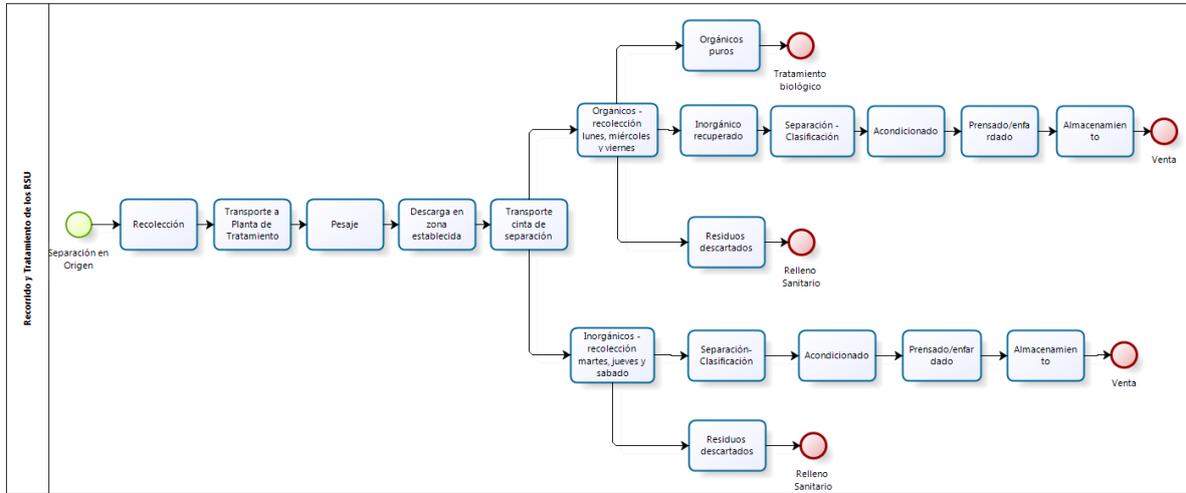


Gráfico 9.3: Diagrama de flujo del tratamiento y recorrido de los RSU

### 9.2.2.1 Mano de Obra necesaria

Para establecer la jornada laboral y cantidad de turnos por día para el funcionamiento de la planta de tratamiento, se consideran los siguientes puntos:

- Capacidad de la planta de clasificación de residuos provista por una empresa proveedora, trabajando con 12 operarios en la cinta de clasificación.

Tabla 9.3: Capacidad de la Planta y por operario

| Planta de clasificación |           |        |                |
|-------------------------|-----------|--------|----------------|
| Residuos                | Capacidad | Unidad | Tn/hs/operario |
| Secos                   | 4         | Tn/hs  | 0,33           |
| Húmedos                 | 6         | Tn/hs  | 0,5            |

- Horas necesarias para tratar los residuos por día, calculada teniendo en cuenta la cantidad de residuos recolectados por día de manera diferenciada, considerando que actualmente se generan alrededor de 20Tn/día de residuos en general.

Tabla 9.4: Horas necesarias para tratar residuos por día

| Días      | Tipo de residuo | Recolección Domiciliaria            |   | Recolección en Puntos Fijos          |   |
|-----------|-----------------|-------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
|           |                 | Total de Residuos (Tn) que ingresan | Horas necesarias para tratar los residuos por día | Total de Residuos que ingresan ( Tn) | Horas necesarias para tratar los residuos por día |
| Lunes     | orgánico        | 34,74                               | 5,79  | 43,16                                | 7,19  |
| Martes    | inorgánico      | 25,26                               | 6,32  | 16,84                                | 4,21  |
| Miércoles | orgánico        | 23,16                               | 3,86  | 28,77                                | 4,80  |
| Jueves    | inorgánico      | 16,84                               | 4,21  | 11,23                                | 2,81  |
| Viernes   | orgánico        | 23,16                               | 3,86  | 28,77                                | 4,80  |
| Sábado    | inorgánico      | 16,84                               | 4,21  | 11,23                                | 2,81  |

- Jornada de recolección de residuos y aproximadamente el tiempo que tardaría un camión en llegar a la planta.
- Se supone además durante el funcionamiento de la planta, un tiempo de 15 minutos para que los operarios realicen algún refrigerio, un tiempo de 30 minutos para realizar limpieza y acondicionamiento del sector de trabajo al terminal la jornada laboral. Y un tiempo de 40 minutos para puesta en marcha (considerando tiempo desde que ingresan los operarios, se alistan, y encienden máquinas para dar inicio al trabajo).
- Se tiene en cuenta que en los comienzos de puesta en marcha de la planta, la capacidad de trabajo por operario puede resultar inferior.

En base a las consideraciones anteriores se plantea que la jornada laboral sea de seis horas por turno, y se trabaje dos turnos de lunes a viernes: de 10 a 16hs y de 16 a 21hs. De esta manera al ingresar el personal, éste ya cuenta con los residuos para poder trabajar. Los residuos inorgánicos del día sábado serán procesados en el turno mañana del día lunes. A continuación se muestra como sería la distribución del trabajo a lo largo de la semana con una recolección del tipo domiciliaria:

Cuadro 9.1: Posible distribución del trabajo en una semana

| Horario | Lunes   | Martes   | Miércoles   | Jueves  | Viernes  |
|---------|---|--|---|---|--|
| 10hs    | Tratan el 100% de los residuos inorgánicos recolectados el día sábado. Acondicionan el lugar para el turno tarde. | Tratan el resto de residuos orgánicos del día anterior y aproximadamente el 30% de los residuos inorgánicos del día. Limpian cintas y acondicionan lugar de trabajo. | Tratan parte de los residuos orgánicos del día. Limpian cintas y acondicionan lugar de trabajo.             | Tratan parte de los inorgánicos recolectados. Acondicionan lugar de trabajo.                            | Tratan parte de los residuos orgánicos recolectados en el día. Acondicionan lugar de trabajo para turno tarde.         |
| 11hs    |   |  |   |   |  |
| 12hs    |   |  |   |   |  |
| 13hs    |   |  |   |   |  |
| 14hs    |   |  |   |   |  |
| 15hs    |   |  |   |   |  |
| 16hs    | Tratan alrededor del 75% de residuos orgánicos del día. Limpian cinta y acondicionan lugar de trabajo.            | Tratan el resto de los residuos inorgánicos del día. Limpian cintas y acondicionan lugar de trabajo.   | Realizan tratamiento al resto de los residuos ingresados. Limpian cinta y acondicionan el lugar de trabajo. | Terminan de tratar los residuos recolectados en el día. Limpian cintas y acondicionan lugar de trabajo. | Completan tratamiento de residuos orgánicos recolectados en el día. Limpian cintas y acondicionan el lugar de trabajo. |
| 17hs    |   |  |   |   |  |
| 18hs    |   |  |   |   |  |
| 19hs    |   |  |   |   |  |
| 20hs    |   |  |   |   |  |
| 21hs    |   |  |   |   |  |

En el caso de una recolección con puntos fijos, se plantea la misma jornada de trabajo, claro está que los porcentajes mostrados en la tabla anterior se modificarían pero mínimamente.

Con el paso del tiempo se espera que se alcance la capacidad nominal de la planta, con lo que la jornada de trabajo planteada para la misma seguiría siendo adecuada.

La mano de obra por turno que se necesitará para desarrollar las tareas anteriormente nombradas, será:

Tabla 9.5: Mano de obra necesaria en planta de clasificación por turno

| Actividad                                | Mano de Obra necesaria |
|--|------------------------|
| Descarga y Alimentación                  | 2                      |
| Clasificación                            | 12                     |
| Traslado interno                         | 4                      |
| Prensado-compactado                      | 2                      |
| Almacenamiento (manejo de auto-elevador) | 1                      |
| Total mano de obra                       | 21                     |

### 9.2.2.2 Equipamiento necesario

Cuadro 9.2: Equipamiento necesario en área de separación y almacenamiento

| Máquinas/Elementos                        | Función   | Característica   | Cantidad |
|---|---|--|----------|
| Cinta de elevación                        | Eleva residuos desde tolva en zona de descarga a cinta de separación  | Cinta transportadora DEISA CB11080.<br>Longitud aprox.: 11 metros.<br>Ancho de banda: 800 mm.<br>Potencia: 5.5 CV  | 1        |
| Cinta de clasificación                    | Transporte de residuos para su separación y clasificación   | Cinta transportadora DEISA CP14080.<br>Longitud aprox.: 14 metros.<br>Ancho de banda: 800mm<br>Potencia: 3 CV.   | 1        |
| Estructura elevada                        | Para cinta de clasificación   | Longitud: 16 m.<br>Ancho 3.2 m.<br>Altura 2.5 m.<br>Ancho mínimo neto de pasarela: 600 mm<br>Dos escaleras desarrolladas para acceso a la zona superior                      | 1        |
| Tablero eléctrico e instalación eléctrica | Integra los circuitos de potencia y Comando   |  |          |
| Troneras / conductos de descarga          | Para dirigir el material separados por los operarios a los carritos metálicos.  | De 600 x 400 mm de sección.  | 12       |
| Tolva de alimentación/recepción           | Dispone el material desde la zona de descarga a la cinta de separación.   | Volumen 5 m <sup>3</sup> (al ras de piso).<br>Capacidad (considerando talud normal sobre tolva) para 10 m <sup>3</sup> de residuos.<br>Dimensiones en planta 3.5x3.5 metros. | 1        |
| Sistema de separación de ferrosos         | Para separar materiales ferrosos y derivarlos a los carritos.   | Rolo motriz magnético  | 1        |
| Carros metálicos                          | Reciben los materiales separados desde las troneras para ser trasladados al sector de acondicionamiento.                              | Contenedor volcador DEISA CM10<br>Capacidad 1.0 m <sup>3</sup>   | 20       |
| Elevador de contenedores                  | Para elevar los carros y facilitar la descarga de los residuos en las máquinas enfardadoras.  | DEISA VC10<br>Altura de descarga 1.8 m   | 1        |
| Acoplado volcador                         | Se ubicarán al final de la cinta de separación y recibirán el material descartado en la misma, para trasladarlo al relleno sanitario. | De cuatro ruedas DEISA AV50<br>Capacidad de carga 5 m <sup>3</sup> (peso max.de carga 3000 kg).<br>Medidas generales de la caja: 3,0 x 1,9 x 0.9 m.                          | 2        |
| Balanza para camión                       | Donde se pesará el camión para controlar la cantidad de residuos que ingresan por día.  | Largo:22 metros<br>Ancho: 3 metros   | 1        |

|                                  |  |  |   |
|----------------------------------|--|--|---|
| Máquina compactadora enfardadora | Compacta y enfarda el material separado y clasificado. El fardo listo es enviado luego al sector de almacenamiento.  | Compactador vertical DEISA EV906090 para prensar plásticos, papel/cartón y bolsas.<br>Alta capacidad de compactación, logra fardos de hasta 250 kg, con dimensiones de 0.9 x 0.6 x 0.9 m.<br>Fuerza de prensado 20 ton.<br>Motor 7.5 CV<br><br>Compactador horizontal DEISA EH403540 para prensar envases y latas.<br>Alta capacidad de compactación, logra fardos con dimensiones de 0.4 x 0.35 x 0.4m.<br>Fuerza de prensado 15 ton.<br>Motor 5.5 CV | 2 |
| Auto-elevador                    | Tomarán los fardos armados en zona de acondicionamiento y los ubicarán en zona de almacenamiento. A su vez se emplearán para llevar los fardos desde sector almacenamiento al camión que venga a retirarlo en caso de venta de los mismos. | Eléctrico<br>Capacidad de carga: 1500 kg   | 1 |
| Zorra hidráulica                 | Tomará los fardos que salen de la prensa.  | Zorra hidráulica Manual<br>Capacidad: 3000 kg  | 1 |
| Cargadora Frontal                | Recogerá los residuos de la zona de descarga y los dispondrá en la tolva de alimentación.  | Capacidad de balde: 1 m <sup>3</sup><br>Potencia: 63 hp  | 1 |
| Desgarrador de bolsas            | Se ubicará al inicio de la cinta de separación, y romperá las bolsas que ingresan a la misma   | Desgarrador de bolsas DEISA DC80.<br>Potencia: 2x 4 CV.  | 1 |
| Contenedores                     | Para almacenar el vidrio recuperado  | 9m <sup>3</sup> de capacidad   | 3 |

### 9.2.3 Planta de tratamiento con proceso de compostaje

En esta alternativa los RSU tendrán el siguiente recorrido y tratamiento:

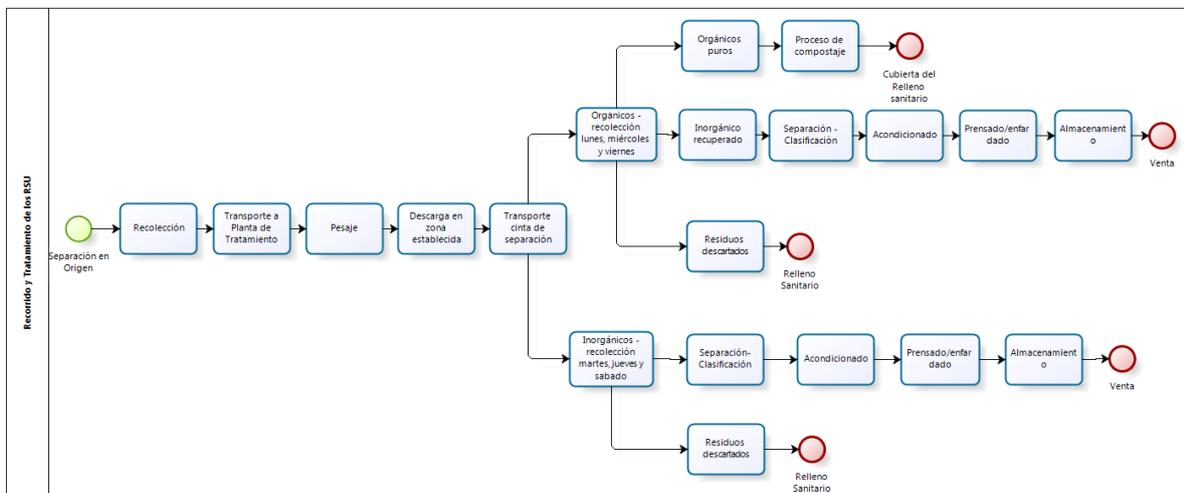


Gráfico 9.4: Diagrama de flujo tratamiento y recorrido en planta con proceso de compostaje

Además de las actividades desarrolladas anteriormente, en este caso se agregan las siguientes:

1. Traslado de orgánicos separados en cinta a sector compostaje: los operarios encargados de la actividad, llevarán el carro que se encuentra debajo del molino triturador de orgánicos, una vez completado su capacidad máxima al área de compostaje. Al llevarlo colocarán otro en su lugar.
2. Proceso de compostaje: los operarios encargados del proceso, realizarán las tareas que van desde el chipeado de residuos de poda, mezcla de los residuos orgánicos, armado de los camellones en la cancha de compostaje, hasta el volteo de los mismos.
3. Traslado de residuos descartados en cinta al relleno sanitario: los operarios encargados de la actividad, llevarán el carro que se encuentra al final de la cinta de separación, una vez lleno al relleno sanitario, y colocarán otro en su lugar.
4. Depósito y compactación de residuos en relleno sanitario: los operarios encargados de la actividad, depositarán los RSU que llegan al área, luego de ser descartados en la cinta de separación, dentro del relleno sanitario. Una vez depositados compactarán los mismos.
5. Traslado de compost a relleno sanitario y cubierta del mismo: el compost que se genera en las canchas de compostaje, será empleado como cubierta del relleno sanitario. A medida que el compost esté listo, se trasladará al relleno sanitario y colocará como cubierta. La cubierta se debe colocar al final de cada periodo de operación o jornada de trabajo.

#### 9.2.3.1 Distribución Física de la Planta de tratamiento

Se prevé necesario un predio de 2ha de superficie aproximadamente para las canchas de compostaje y la obra edilicia de la planta de tratamiento y áreas auxiliares (en esta superficie no se contempla relleno sanitario ni planta de tratamiento de lixiviados). El predio estará delimitado por un alambrado olímpico de por lo menos 2,5 metros de altura.

Por otro lado, se debe considerar que es necesario colocar una cortina forestal en todo el perímetro del predio de árboles y arbustos de rápido crecimiento. Para lo cual se propone un cerco perimetral de 30 metros de ancho formado por álamos, eucaliptos y crataegus o algún otro arbusto, en todo el perímetro de la planta. Considerando esta cortina forestal se considera necesario un predio de 4ha aproximadamente. La disposición propuesta es:

1. Tres filas de álamos separadas cada 2 metros, y los álamos entre sí separados cada 2 metros.
2. Tres filas de eucaliptos, separadas cada 5 metros, y los eucaliptos entre si cada 5 metros. Esta cortina debe estar separada de la cortina de álamos por 5 metros.
3. Por último, tres filas de crataegus (filas externas), separadas cada 2 metros, y los arbustos separados cada 2 metros. Esta cortina debe estar separada de la de eucaliptos por una distancia de 5 metros.

La zona que comprende el alambrado perimetral y la cortina forestal cumplirá la función de atenuar los olores, la diseminación de material arrastrado por el viento, y el impacto visual.

Los caminos internos de la planta pueden ser realizados de adoquines de manera de favorecer el trabajo en la fábrica de adoquines existente en la ciudad.

Como vemos en el plano, el emprendimiento constará con un salón de usos múltiples donde se realizarán las capacitaciones o recibirán visitas didácticas, oficinas y administración, sanitarios y vestuarios, sala de reuniones, guardia/control de balanza y un comedor para uso de los operarios.

Para el proceso de clasificación y revalorización de residuos el predio cuenta con un galpón de clasificación/separación de residuos, una tolva de alimentación por fuera del galpón donde se realizará la carga de los residuos para derivarlos a la cinta de clasificación, y un galpón de

almacenamiento de los fardos listos. En el sector de descarga se debe prever la realización de un sistema de recolección de líquidos lixiviados.

Además para el proceso de compostaje se prevé un sector para el acopio de ramas y residuos de jardín, y un tinglado donde se efectuará la trituración de ramas y mezcla de los residuos orgánicos. Para la cancha de compostaje se realizará una superficie de hormigón de manera de evitar la penetración del lixiviado al suelo, y facilitar su recolección; sobre dicha superficie se debe hacer canaletas de manera de recolectar los lixiviados generados y enviarlos a la planta de tratamiento, y un sistema de riego para ayudar al proceso de compostaje.

Se propone la siguiente distribución de planta:

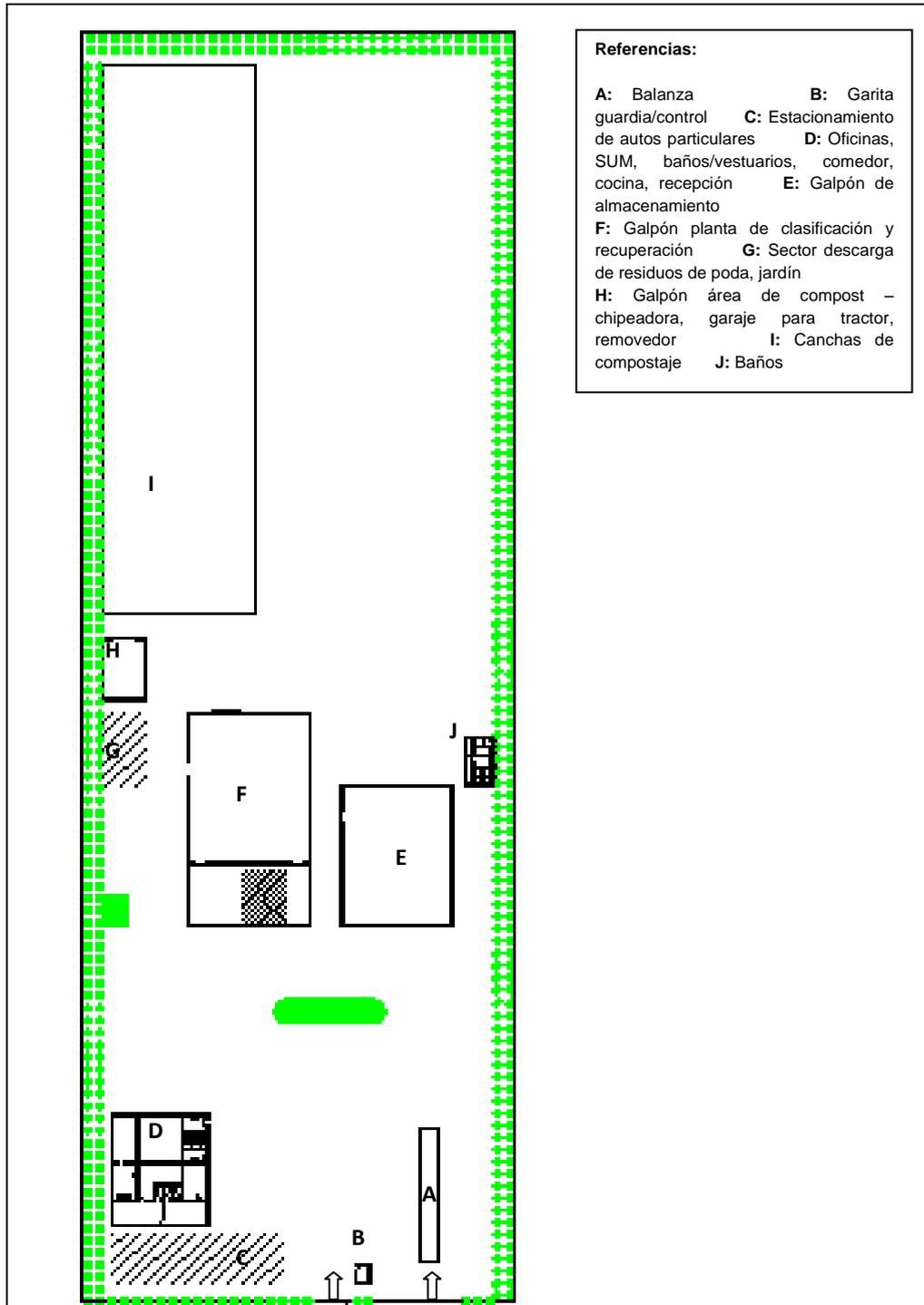


Figura 9.5: Distribución de planta

El layout de la planta de clasificación es el siguiente:

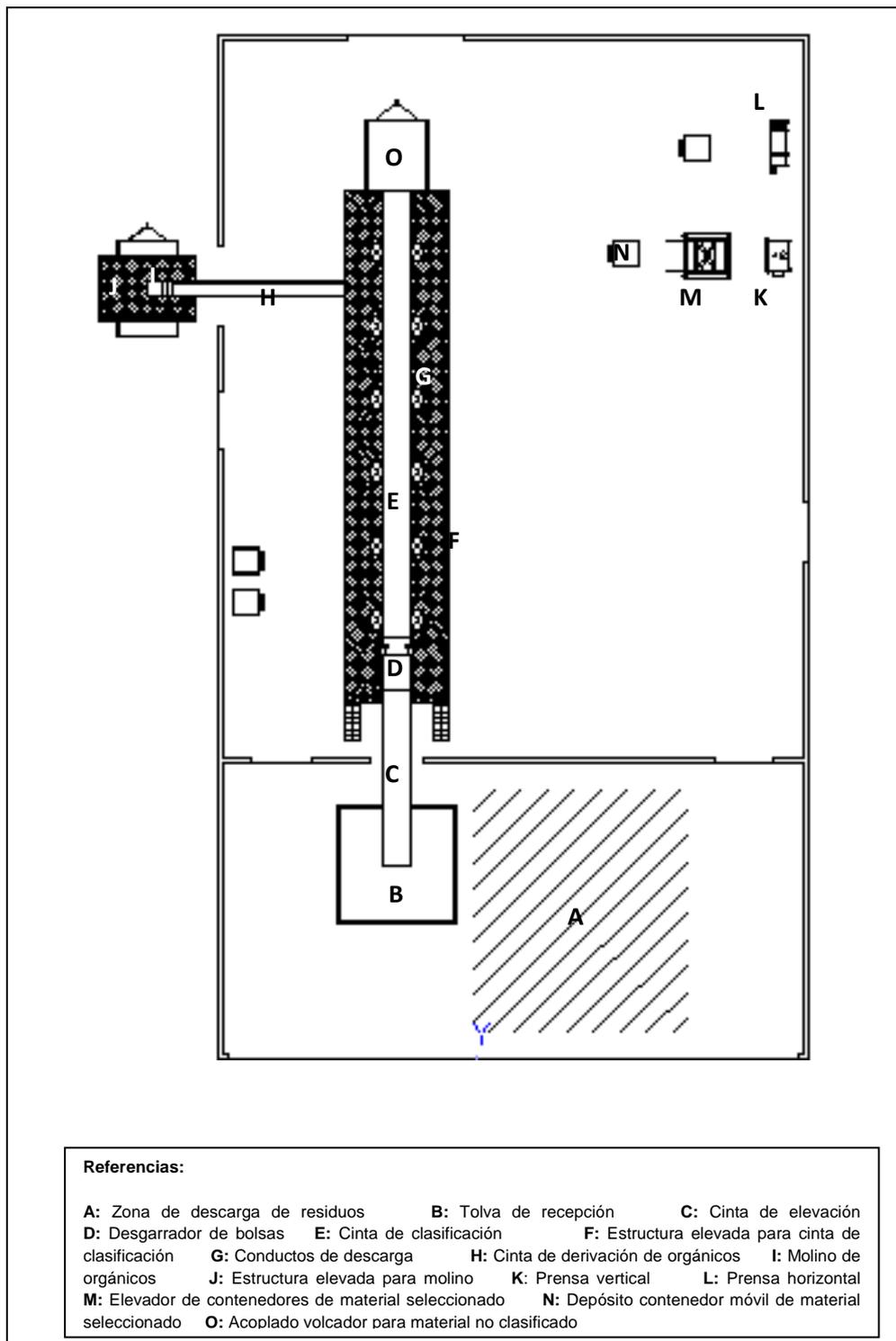


Figura 9.6: Layout de planta de clasificación

El layout del sector de compostaje se muestra a continuación:

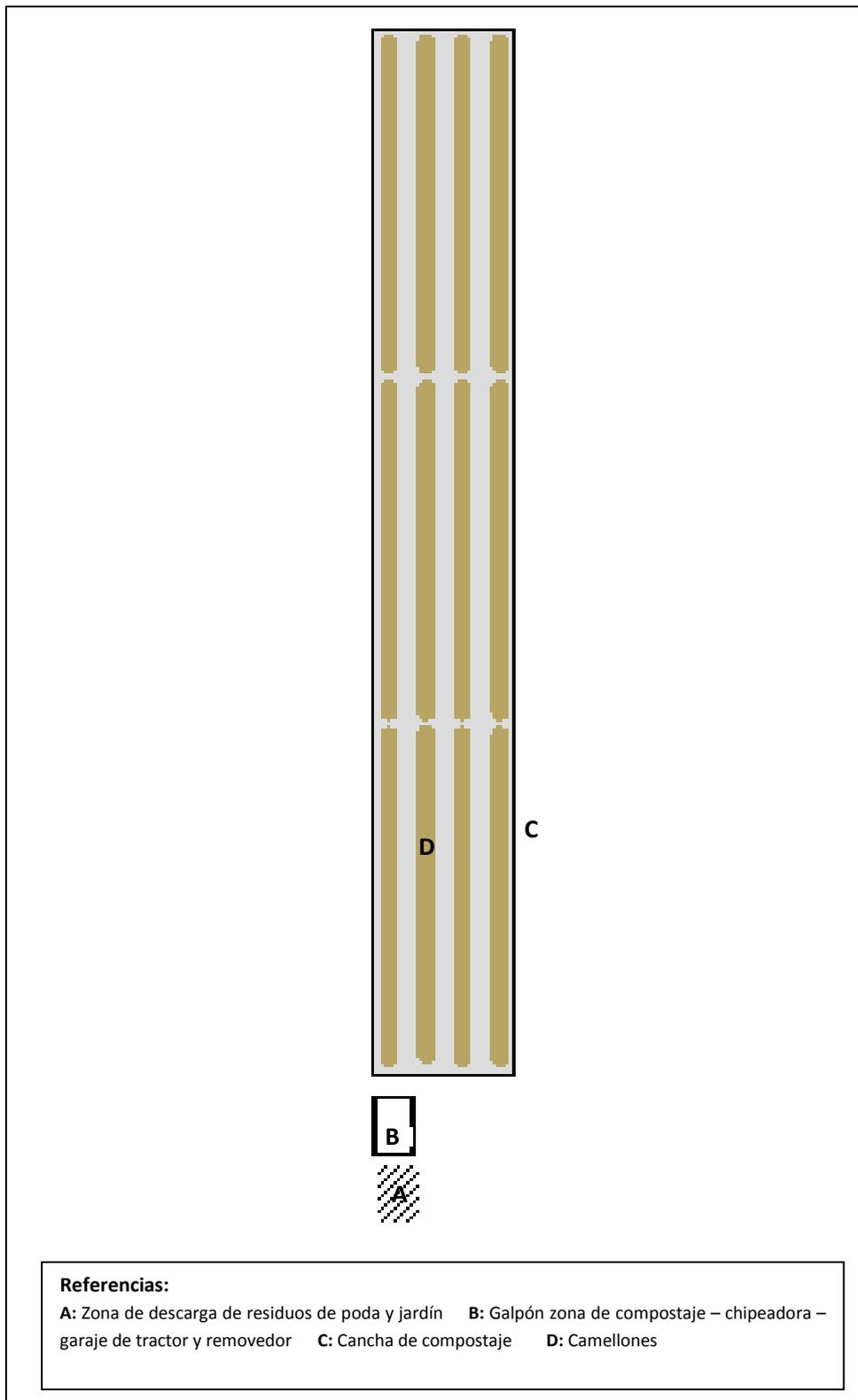


Figura 9.7: Layout sector de compostaje

### 9.2.3.2 Personal / Mano de Obra necesaria

Para operar la planta se necesitará del siguiente personal y mano de obra por turno, además del personal que se planteó anteriormente para el sector de separación-clasificación, y sector de almacenamiento:

Tabla 9. 6: Personal y mano de obra necesaria para distintos sectores de la planta

| Sector                        | Actividades  | Cantidad de personal / mano de obra |
|-------------------------------|--|-------------------------------------|
| Ingreso                       | Guardia – Control de ingreso y egreso del personal, y personas ajenas a la planta. Recepción de residuos, control de pesaje. | 1                                   |
| Servicios generales           | Limpieza de sanitarios, mantenimiento y limpieza de planta en general  | 2                                   |
| Administración/<br>Almacén    | Recepción  | 1                                   |
|                               | Encargado de tareas administrativas en general.<br>Encargado de logística, almacén y venta                                   | 1                                   |
| Relleno Sanitario             | Traslado de compost a relleno sanitario y cubierta del mismo.  | 1                                   |
|                               | Depósito de residuos y compactación.   |                                     |
| Compostaje                    | Trituración y mezcla   | 2                                   |
|                               | Armado de camellones   | 1                                   |
|                               | Volteado   |                                     |
|                               | Riego de los camellones  |                                     |
| Separación –<br>Clasificación | Traslado de residuos descartados en cinta a relleno sanitario  | 1                                   |
|                               | Traslado de residuos orgánicos separados/triturados al sector compostaje   |                                     |
|                               | Encargado de planta - tiene a cargo plantel de operarios.  | 1                                   |
|                               | Supervisor de planta   | 1                                   |
|                               | Supervisor ambiental, control de emisión de gases y lixiviado, compostaje  | 1                                   |
| Total                         |  | 13                                  |

De manera que el total de personal y mano de obra necesaria por turno es de 34.

### 9.2.3.3 Maquinarias/ elementos necesarios

Además de las máquinas y elementos que se nombraron para el área de separación y almacenamiento, se necesita la siguiente:

Cuadro 9.3: Equipamiento necesario para distintos sectores de la planta

| Sector                             | Maquinaria / Elemento                     | Función   | Característica   | Cantidad |
|------------------------------------|---|---|--|----------|
| Compost                            | Máquina chipeadora                        | Se empleará para reducir el tamaño de troncos, ramas y residuos de poda, que luego se emplearán en el proceso de compost  | Máquina chipeadora de cuchillas DEISA CH1000M2 portátil.<br>Boca de entrada de hasta 250mm de diámetro.<br>Velocidad de rotación: 1000rpm.<br>Motor diesel potencia 100CV. | 1        |
|                                    | Tolva y Cinta de derivación de orgánicos  | Cinta lateral a la de clasificación que permitirá derivar los orgánicos al molino triturador. La tolva es el nexo entre la cinta de clasificación y la cinta de derivación de orgánicos | Cinta transportadora DEISA CB08040<br>Longitud aprox. 8 metros<br>Ancho de banda: 400mm<br>Potencia: 2CV<br>Tolva de carga de 2,4x 2,4 m                                   |          |
|                                    | Triturador de orgánicos                   | Se ubicará al final de la cinta de derivación de orgánicos, y triturará los residuos para enviarlos a compostaje.   | Molino triturador DEISA MR400.<br>Potencia: 25 CV.<br>Procesa residuos con tamaño máximo de 250 x250x 250 mm   | 1        |
|                                    | Máquina volteadora o removedor de compost | Se empleará en las canchas de compostaje para remover los camellones. Se requiere un tractor para su accionamiento  | DEISA RCT300AH<br>Ancho total: 5,6m<br>Largo total: 4,5 m<br>Altura total: 1,8m  | 1        |
|                                    | Cargadora Frontal                         | Recogerá los residuos y los dispondrá en las canchas de compostaje armando los camellones   | Capacidad de balde: 1 m <sup>3</sup><br>Potencia: 63 hp<br>Capacidad de carga: 1600 kg   | 1        |
|                                    | Sistema de riego                          | Para humedecer los camellones.  |  |          |
| Relleno Sanitario                  | Cargadora frontal                         | Recogerá los residuos que derivan de las cintas o el compost listo, y los dispondrá en el relleno sanitario   |  | 1        |
| Traslado de orgánicos a compostaje | Acoplado volcador                         | Se ubicará debajo del molino triturador y transportará el material triturado a las canchas de compostaje  | De cuatro ruedas DEISA AV50.<br>Capacidad de carga: 5 m <sup>3</sup> (peso máximo de carga 3000 kg).<br>Medidas generales de caja: 3 x1,9 x 0,9 m.                         | 1        |
|                                    | Tractor                                   | Se empleará para trasladar los carros con material triturado al área de compostaje  | Potencia 94 CV<br>Sistema hidráulico   | 1        |
| Administración-oficinas            | Equipos para oficina                      |   |  |          |

La cargadora frontal empleada en la cancha de compostaje, será la misma que se empleará en el relleno sanitario. El tractor empleado para el transporte del acoplado volcador para traslado de

orgánicos al sector compostaje y traslado de residuos descartados al relleno sanitario, se puede emplear también para accionar el removedor de compost.

Al nombrar equipos para oficina, se tiene en cuenta sillas, escritorios, estanterías, equipos de computación, etc. para ser usados en oficinas, SUM, sala de reuniones, administración y guardia.

#### 9.2.3.4 Costos y beneficios del proyecto de valorización

##### 9.2.3.4.1 Inversión inicial y costos operativos

Se afrontará dos tipos de costos en la implementación del proyecto de valorización de RSU: inversión inicial (o costo de capital) y costos de operación y mantenimiento.

##### Inversión inicial

Puede aprovecharse la mano de obra y maquinaria vial municipal disponible para el acondicionamiento y nivelación del terreno. Los caminos internos, desagües y parquización pueden realizarse con personal, materiales y equipos municipales, como también la construcción de la zona de compostaje.

Por otro lado, sería adecuado considerar que la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación ofrece asistencia técnico-financiera a municipios que deseen llevar adelante el desarrollo de proyecto de esta índole, lo que resulta de gran ayuda.

El costo de los activos fijos que conforman la inversión inicial fue establecido a noviembre de 2013, con la cotización del dólar a 6,14 pesos para la venta. Los mismos se detallan a continuación:

Tabla 9.7: Detalle de inversión inicial

| <b>ACTIVO FIJO</b>   |  |                    |                        |
|--|--|--------------------|------------------------|
| <b>Concepto</b>  | <b>Descripción</b>   | <b>Costo Total</b> |                        |
| <b>Movimiento del suelo</b>  |  |                    |                        |
| Nivelación y acondicionamiento del terreno                         | Desmote, nivelación y acondicionamiento de 80000 m <sup>2</sup>  | \$ 299.520,00      |                        |
| <b>Forestación</b>   |  |                    |                        |
| Cortina perimetral de alamos, eucaliptos y arbustos                | Se consideran 1190 ejemplares de alamos, 1190 de crataegus y 485 de eucalipto, todos en envase de 1 litro. Y aproximadamente 350 m <sup>2</sup> de cesped. | \$ 62.748          |                        |
| Parquización   |  |                    |                        |
| <b>Obra Civil</b>  |  |                    |                        |
| Alambrado perimetral   | 1800 metros de alambrado perimetral  | \$ 324.000,00      |                        |
| Galpón sector de selección y zona de descarga                      | Galpón de 700 m <sup>2</sup> , el precio incluye materiales y mano de obra   | \$ 2.201.000,00    |                        |
| Galpón sector almacenamiento                                       | Galpón de 414 m <sup>2</sup> , el precio incluye materiales y mano de obra   |                    |                        |
| Galpón sector de trituración                                       | Galpón de 70 m <sup>2</sup> , el precio incluye materiales y mano de obra  |                    |                        |
| Construcción de Oficinas, SUM, sector de guardia y control de peso | 380 m <sup>2</sup> cubiertos, el precio incluye materiales y mano de obra  | \$ 1.330.000,00    |                        |
| Vestuarios y sanitarios/ salón para refrigerio                     |  |                    |                        |
| Construcción zona de compostaje, suelo de cemento                  | Carpeta de 6300 m <sup>2</sup> con inclinación de un 2%, el precio incluye materiales y mano de obra.  | \$ 200.000,00      |                        |
| <b>Equipamiento</b>  |  |                    |                        |
| Zorra hidráulica manual  | Capacidad de 3000 kilos  | \$ 3.200,00        |                        |
| Balanza fija   | Balanza electrónica, 22 metros de largo  | \$ 100.000,00      |                        |
| Tractor  | Potencia 94 cv, sistema hidraulico   | \$ 331.560,00      |                        |
| Cargadora frontal  | Capacidad de balde 1m <sup>3</sup> , potencia 63hp, carga 1600kg   | \$ 828.900,00      |                        |
| Autoelevador   | Eléctrico, capacidad de carga 1500kg   | \$ 150.000,00      |                        |
| Equipos de oficina   | Se consideran escritorios, sillas, mesas, bibliotecas, equipos de computación, teléfonos, etc.   | \$ 43.400,00       |                        |
| Carros de transporte - Elevador de contenedor                      | Carros con capacidad 1m <sup>3</sup> (20 unidades) - Elevador 1 unidad   | \$ 3.200.000       |                        |
| Estructura metálica y equipamiento para área de clasificación      | -  |                    |                        |
| Prensa vertical y horizontal                                       | Prensa vertical motor de 7,5 cv - Prensa horizontal motor 5,5 cv   |                    |                        |
| Acoplado volcador  | Capacidad 3000 kilos (3 unidades)  |                    |                        |
| Tablero eléctrico e instalaciones eléctricas                       | -  |                    |                        |
| Chipeadora   | Motor potencia 100cv   |                    |                        |
| Molino triturador de orgánicos                                     | Potencia 25 cv   |                    |                        |
| Zaranda tipo trommel   | Trommel diámetro 900 mm  |                    |                        |
| Máquina volteadora o removedor                                     | Para accionar con tractor. Altura:1,8m, Ancho: 5,6m  |                    |                        |
| Capacitación a operarios sobre operación, instalación              | -  |                    |                        |
| Honorarios Profesionales   | -  |                    |                        |
| <b>Total</b>   |  |                    | <b>\$ 9.074.328,00</b> |

Fuente: Elaboración propia

### Costo operativo:

El costo operativo está conformado por los siguientes ítems:

Tabla 9.8: Detalle de costo operativo

| <b>Costos operativos</b>                  |                      |                        |
|---|----------------------|------------------------|
| <b>Descripción</b>                        | <b>Costo Mensual</b> | <b>Costo Anual</b>     |
| Mano de obra- Producción (42 operarios)   | \$ 161.940,24        | \$ 1.943.282,88        |
| Mano de obra- Administración (2)          | \$ 7.711,44          | \$ 92.537,28           |
| Mano de obra- Comercialización (1)        | \$ 6.482,08          | \$ 77.784,96           |
| Mano de obra - chofer de pala frontal (6) | \$ 55.321,20         | \$ 663.854,40          |
| Mano de obra - chofer de autoelevador (2) |                      |                        |
| Mano de obra - chofer de tractor (2)      |                      |                        |
| Mano de obra - Servicios generales (4)    | \$ 15.422,88         | \$ 185.074,56          |
| Mano de obra - guardia/control (2)        | \$ 8.061,96          | \$ 96.743,52           |
| Mano de obra - Encargado de planta (2)    | \$ 9.153,14          | \$ 109.837,73          |
| Supervisores (2)                          | \$ 14.305,28         | \$ 171.663,36          |
| Energía eléctrica                         | \$ 6.700,00          | \$ 80.400,00           |
| Combustible                               | \$ 15.000,00         | \$ 180.000,00          |
| <b>Total</b>                              | <b>\$ 300.098,22</b> | <b>\$ 3.601.178,69</b> |

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el costo del personal, se consideró el salario base y las cargas sociales estipuladas en un 27% de la remuneración percibida por el trabajador.

El sueldo se calculó considerando una jornada laboral de 6hs y 22 días por mes.

#### 9.2.3.4.2 Ingresos y beneficios

Los ingresos de la planta estarán dados por la venta de aquellos materiales reutilizables que se pudieron recuperar.

Para calcular los ingresos producidos por las futuras ventas del material reutilizable, se consideró las estimaciones realizadas en cuanto a generación de residuos actual (es decir, se trabajó para calcular los ingresos con las 20Tn por día generadas), y se tuvo en cuenta el precio por kilo que cada residuo tiene en el mercado. Los valores obtenidos, según el tipo de recolección son los siguientes:

Tabla 9.9: Detalle de los posibles ingresos

| Material Recuperable | Ingresos                 |               |                 |                 |                              |               |                 |                 |
|----------------------|--------------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------------------|---------------|-----------------|-----------------|
|                      | Recolección Domiciliaria |               |                 |                 | Recolección con Puntos Fijos |               |                 |                 |
|                      | Kg/mes recuperados       | Precio por Kg | Ingreso mensual | Ingreso anual   | Kg/mes recuperados           | Precio por Kg | Ingreso mensual | Ingreso anual   |
| Celulósicos total    | 108891,6                 |               |                 |                 | 93494,3                      |               |                 |                 |
| Papel                | 51255,28                 | \$ 1,00       | \$ 51.255,28    | \$ 615.063,36   | 44007,8                      | \$ 1,00       | \$ 44.007,78    | \$ 528.093,40   |
| Cartón               | 57636,32                 | \$ 0,92       | \$ 53.025,41    | \$ 636.304,97   | 49486,5                      | \$ 0,92       | \$ 45.527,62    | \$ 546.331,45   |
| Plásticos total      | 91858,3                  |               |                 |                 | 78869,5                      |               |                 |                 |
| PET                  | 20466,03                 | \$ 1,70       | \$ 34.792,25    | \$ 417.507,01   | 17572,1                      | \$ 1,70       | \$ 29.872,63    | \$ 358.471,52   |
| PE film              | 45919,96                 | \$ 0,30       | \$ 13.775,99    | \$ 165.311,86   | 39426,9                      | \$ 0,30       | \$ 11.828,06    | \$ 141.936,76   |
| PEAD                 | 8983,74                  | \$ 1,70       | \$ 15.272,36    | \$ 183.268,30   | 7713,4                       | \$ 1,70       | \$ 13.112,85    | \$ 157.354,16   |
| Tetra pack           | 8285,62                  | \$ 0,60       | \$ 4.971,37     | \$ 59.656,46    | 7114,0                       | \$ 0,60       | \$ 4.268,42     | \$ 51.221,04    |
| Otros plásticos      | 8202,95                  | -             |                 |                 | 7043,1                       | -             |                 |                 |
| Vidrio               | 37716,6                  | \$ 0,20       | \$ 7.543,32     | \$ 90.519,84    | 32383,5                      | \$ 0,20       | \$ 6.476,69     | \$ 77.720,33    |
| Metal total          | 17641,6                  |               |                 |                 | 15147,1                      |               |                 |                 |
| Cobre y aluminio     | 10426,18                 | \$ 6,80       | \$ 70.898,02    | \$ 850.776,29   | 8951,9                       | \$ 6,80       | \$ 60.873,04    | \$ 730.476,52   |
| Ferroso              | 7215,42                  | \$ 1,00       | \$ 7.215,42     | \$ 86.585,04    | 6195,2                       | \$ 1,00       | \$ 6.195,16     | \$ 74.341,92    |
| Total                | 256108,1                 |               | \$ 258.749,43   | \$ 3.104.993,13 | 219894,4                     |               | \$ 222.162,26   | \$ 2.665.947,10 |

Fuente: Elaboración propia

En base a los valores de costos operativos e ingresos, podemos ver que se obtiene un resultado negativo:

Tabla 9.10: Resultado en base a costos operativos e ingresos

|                   | Resultados               |                 |                              |                 |
|-------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------|-----------------|
|                   | Recolección Domiciliaria |                 | Recolección con Puntos Fijos |                 |
|                   | Mensual                  | Anual           | Mensual                      | Anual           |
| Ingresos          | \$ 258.749,43            | \$ 3.104.993,13 | \$ 222.162,26                | \$ 2.665.947,10 |
| Costos operativos | \$ 300.098,22            | \$ 3.601.178,69 | \$ 300.098,22                | \$ 3.601.178,69 |
| Total             | \$ -41.348,80            | \$ -496.185,56  | \$ -77.935,97                | \$ -935.231,59  |

Que este beneficio sea negativo, no implica que instalar una planta de estas características sea inviable y no conveniente. Ya que el sentido amplio con que debe evaluarse el beneficio ambiental y social no siempre es fácil de cuantificar en términos de dinero. Se debe comprender que el costo/beneficio más importante al instalar una planta de estas características es el social y ambiental.

Al implementar una planta de tratamiento y revalorización de residuos se obtienen beneficios como: eliminación de contaminación ambiental y visual, eliminación de basurales a cielo abierto, disminución de residuos destinados a relleno sanitario, generación de nuevos puestos de empleo, etc. Y es una decisión sustentable y comprensible, ya que se realiza hoy una inversión para un futuro mejor.

Se debe tener en cuenta además que el generador de ingresos en el sistema, es el proceso de clasificación y reciclaje de residuos, por lo que es importante poner énfasis en la gestión del

mismo. Por otro lado en éste influye el grado de separación que se obtiene según el tipo de recolección empleada.

#### 9.2.4 Tratamiento mecánico biológico

El tratamiento mecánico biológico (TMB) es un tipo de tratamiento de RSU que combina la clasificación mecánica con alguna forma de tratamiento biológico, tal como el compostaje o la digestión anaeróbica.

La meta principal del TMB es reducir la cantidad de residuos que se disponen en el relleno sanitario, por medio de la recuperación de materiales reciclables y la estabilización de los biodegradables.

El elemento clasificación mecánica, suele ser una etapa automatizada de clasificación. Ésta elimina los elementos reciclables del flujo de residuos mixtos o los procesa. Por lo general implica imanes industriales, separadores de Foucault, trituradores, etc., o la clasificación se realiza de forma manual y el elemento mecánico puede ser la cinta transportadora.

El TMB es un tratamiento empleado en el caso de recolección de residuos mixtos, es decir, sin separación en origen. Aunque en el PI se planteó una gestión de residuos con recolección diferenciada, el tratamiento que se le da a los RSU en la planta es en esencia un TMB. La etapa de clasificación mecánica en la planta no inicia con la separación de los residuos en orgánicos e inorgánicos, ya que la separación se realiza en origen, pero al pasar los residuos por la cinta transportadora según el día de recolección, estos son separados/clasificados y muchas veces recuperados, ya que la separación que se realiza en origen no siempre será la deseada.

Por otro lado, los residuos orgánicos que se obtienen luego de pasar por la cinta de separación, se les da un tratamiento biológico.

## CAPÍTULO X

### DISPOSICIÓN FINAL: RELLENO SANITARIO

#### 10.1 INTRODUCCIÓN

La disposición final es la última etapa en el manejo de los RSU. Esta última etapa se lleva a cabo en sitios especialmente acondicionados y habilitados por la autoridad para la disposición permanente de los RSU, mediante técnicas de ingeniería sanitaria. Estas técnicas deben incorporar métodos ambientalmente reconocidos y requieren de un estricto control interno y externo, el primero, por parte de los responsables de la operación, y el segundo, por parte de los organismos competentes.

Los residuos sólidos urbanos que no puedan ser tratados por las tecnologías disponibles se destinan a un sitio de disposición final designado por la autoridad competente.

El manejo de residuos está regulado a nivel provincial mediante la ley 6.321, que fija las normas generales y la metodología de aplicación para la defensa de la conservación y el mejoramiento del medio ambiente y los recursos naturales disponibles. Dicha ley está reglamentada por el decreto Serie B 1.131 del 04/12/2002 que establece la obligatoriedad de adoptar, como modo de disposición final de los residuos, el denominado Relleno Sanitario. Sin embargo, no existe a nivel provincial ningún documento normativo que especifique los criterios de diseño mínimos que deben adoptarse para la implementación de dicho modo de disposición.

La idea es que la cantidad de residuos que son enviados al relleno sanitario se reduzca al mínimo, propiciando una mejor calidad ambiental.

#### 10.2 RELLENO SANITARIO: CONCEPTO

Un relleno sanitario es una instalación ingenieril para la disposición final de los residuos sólidos urbanos. Se basa en el enterramiento de los residuos sólidos de manera ordenada y sistemática en el menor volumen posible minimizando los potenciales impactos negativos en la salud pública y en el medio ambiente. Éste método se puede aplicar a distintas escalas: desde una ciudad hasta un pequeño bloque de viviendas o familias individuales.

La disposición en tierra es el método más comúnmente utilizado para la evacuación de residuos. La planificación, el diseño y la operación de rellenos sanitarios implica una tarea multidisciplinaria y de aplicación de principios científicos, ingenieriles y económicos.

El relleno sanitario permite:

- Disponer prácticamente todos los RSU con un impacto ambiental mínimo.
- Evitar la proliferación de moscas, insectos y otros vectores que transmiten enfermedades.
- Evitar la acumulación de aguas estancadas por residuos sólidos y la proliferación de zancudos.
- Revalorizar o rellenar áreas explotadas como canteras y minas abandonadas.
- Orientar el flujo de los RSU hacia un destino final conocido.
- Organizar las tareas de recuperación de los RSU.

#### 10.3 ELEMENTOS CARACTERÍSTICOS DE UN RELLENO SANITARIO

Los rellenos sanitarios difieren mucho del simple enterramiento de residuos y sus actuales características reducen significativamente el riesgo de impactos adversos al medio ambiente.

En un relleno sanitario moderno los residuos quedan encapsulados entre los materiales de la cubierta superior y un sistema de membranas en fondos laterales lo que permite implementar sistemas de recolección y control de las emisiones líquidas y gaseosas.

#### 1- Cubierta superior y membranas laterales y de fondo

Esta cubierta deberá impedir la filtración de agua hacia el interior del relleno y controlar las emisiones de gas hacia la atmósfera.

También evitará el contacto de algún sector de los residuos con el exterior producto de la emisión de la cubierta final.

El sistema de membranas arcillosas y geosintéticas deberá permitir la recolección de los líquidos lixiviados y evitar la contaminación del suelo y agua bajo la superficie.

#### 2- Lixiviados

Son los líquidos que pasando a través del relleno o originados en él, contienen en solución, suspendidos o mezclados con ellos, sustancias pertenecientes a los residuos.

Los lixiviados generalmente fluyen hacia el fondo del relleno pero pueden también hacerlo lateralmente.

En el primero de los casos son recogidos por conductos colocados en el fondo a ese fin y luego recolectados por bombeo y tratados para neutralizarlos. Aun así debe vigilarse su aparición en aguas subterráneas y terrenos próximos adonde llegan filtrándose a través de roturas e imperfecciones de la membrana.

#### 3- Gas del Relleno Sanitario

Generado por la descomposición anaeróbica de los residuos orgánicos este gas es básicamente una mezcla de metano y dióxido de carbono. Puede ser recogido mediante conductos de material permeable o caños perforados para su posterior tratamiento o transformación en energía.

Debe monitorearse el terreno circundante al relleno para detectar la migración de estos gases fuera de los límites del relleno.

#### 4- Cubierta diaria

En general se recomienda cubrir las sucesivas descargas de residuos en un relleno sanitario, con 15 cm de tierra al final de cada día de trabajo. Este espesor es suficiente para evitar la exposición de la basura a las aves, insectos y roedores que representan las principales vías de transmisión de enfermedades a los humanos. Esta cubierta también reduce la exposición de materiales combustibles a fuentes de ignición, elimina olores y controla la voladura de residuos.

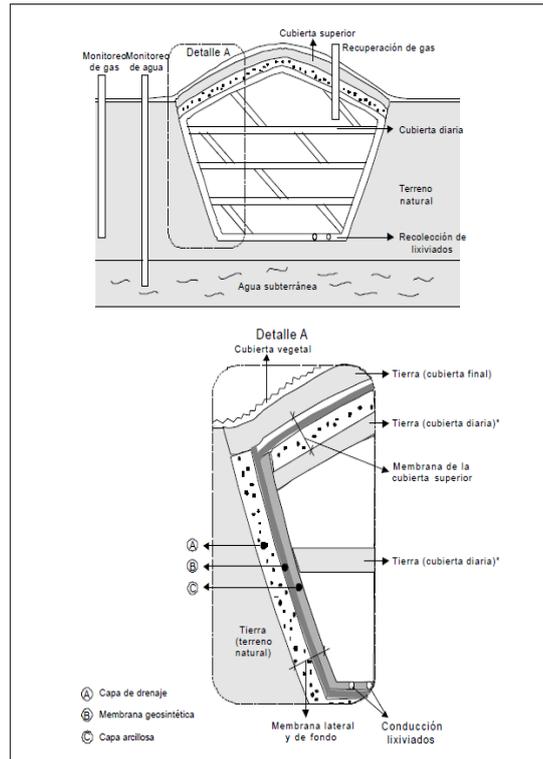


Figura 10.1: Elementos típicos de un Relleno Sanitario  
 Fuente: Plan Nacional de Valorización de residuos, 2000

## 10.4 PASOS A CONSIDERAR PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL RELLENO SANITARIO

En general, tanto en la elección del sitio como en la definición de las características del relleno sanitario, deberán ser considerados los aspectos que se detallan a continuación:

- 1) Estimar el volumen requerido.
- 2) Considerar lo adecuado de los sitios propuestos.
- 3) Ajustarse a normas existentes de zonificación y uso de la tierra a nivel municipal y provincial.
- 4) Considerar el probable destino del sitio cuando se produzca su desafectación como relleno.
- 5) Establecer cómo será el sistema de monitoreo y manejo de lixiviados y gas.
- 6) Fundamentar el sistema de membranas y cubiertas a utilizar.
- 7) Prever los pasos a dar cuando se deba cerrar el relleno y estimar el costo y financiamiento de esa operación.

### 10.4.1 Estimación del volumen requerido para el relleno sanitario

Para poder determinar las dimensiones del relleno sanitario proyectado, se tendrá en cuenta la estimación de la cantidad y composición de los residuos a enviarse a él durante el período de vida previsto. Dado que ese período de vida será usualmente de varios años (o aun décadas) deberá tenerse en cuenta además el crecimiento probable de la población y de la actividad comercial/industrial asociada.

La capacidad del relleno sanitario requerida para alojar las cantidades así estimadas, estará determinada por la densidad del residuo dispuesto. Esta densidad en un relleno sanitario (usualmente 600/700 Kg/m<sup>3</sup>) es muy variable, dependiendo de la composición del residuo, del contenido de humedad y del grado de compactación, puede oscilar de 450 Kg/m<sup>3</sup> a 1000 Kg/m<sup>3</sup>.

Cuando el residuo es volcado en el relleno sanitario pierde la compactación que podía tener en el camión por lo que debe ser re-compactada por la máquina destinada a amontonarla y emparejarla sobre la fracción del relleno en que se está trabajando.

Las cantidades de tierra necesaria para cubrir las descargas diarias y para hacer la cobertura final deben ser agregadas en el cálculo del volumen final considerando que, en general, la proporción de residuo cubierta de tierra será de 2:1 a 5:1 en términos de volumen.

Un último factor a considerar en el estimado del volumen es el asentamiento de la masa, producido por el peso de las capas superficiales y a medida que se va produciendo la descomposición de los residuos.

Para residuos con un grado de compactación bueno ( $700/800 \text{ Kg/m}^3$ ) puede estimarse que la superficie se retraerá hasta alcanzar un valor igual al 80/85 % del perfil original.

#### 10.4.2 Uso final del sitio

El destino del sitio, posterior a su uso como relleno, debe también ser considerado durante la fase de planeamiento y toma de decisiones a fin de atender al mejor aprovechamiento de esos terrenos en el futuro. Aunque la mayoría de los rellenos son destinados a su uso posterior como parques naturales o recreacionales, podrán considerarse otros usos si se han mantenido eficientes condiciones de monitoreo de las aguas subterráneas, migración de gases y magnitud y localización de los asentamientos del terreno relleno.

La mejor estrategia es planear el eventual uso del lugar antes que el relleno sea operado, principalmente si se anticipa que se podrán ubicar construcciones dentro o en las inmediaciones del predio relleno.

En ese caso pueden anticiparse la ubicación de futuras estructuras (tendrán requisitos especiales para sus fundaciones), o instalaciones recreativas (pueden requerir de una topografía específica) o la instalación de sistemas de control de gas para la protección de futuros edificios.

### 10.5 TIPOS DE RELLENOS SANITARIOS

#### A) Método de celda/zanja excavada

Este método de vertido es apropiado para zonas donde se dispone de una profundidad adecuada de material de cubrición y donde el nivel freático no se encuentra cerca de la superficie. Se colocan los residuos en celdas o zanjas excavadas en el suelo. La tierra extraída se utiliza como material para la cubrición diaria o final. Normalmente dichas celdas se revisten con membrana sintética o con arcilla de baja permeabilidad, o con la combinación de ambas, para limitar los movimientos de los gases y del lixiviado.

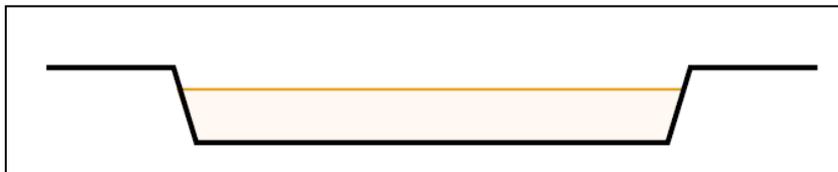


Figura 10.2: Relleno sanitario con método de celda

#### B) Método en zona

El método en zona se utiliza cuando el terreno es inapropiado para la excavación de celdas o zanjas donde colocar los residuos. Son localizaciones con condiciones de alto nivel freático. La preparación del lugar implica la instalación de un revestimiento y de un sistema para el control de lixiviado. El material de cubrición debe ser trasladado desde terrenos adyacentes. En algunos sitios se ha implementado la utilización de compost producido por los residuos de jardín y la fracción

orgánica de los RSU como material para la cubrición intermedia. Otra opción es la utilización de materiales de cubrición temporal, tales como tierra y geomembranas, las cuales se pueden colocar temporalmente sobre celdas completas y luego quitar para comenzar con el siguiente nivel.

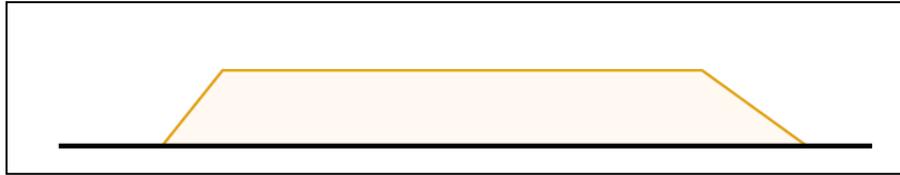


Figura 10.3: Relleno sanitario con método en zona

#### B) Método vaguada/depresión

Se han utilizado vaguadas, barrancos y fosas de relleno suplementario y canteras como zonas de vertido. Las técnicas para colocar y compactar residuos en rellenos de vaguada/depresión varían según la geometría del lugar, las características del material de cubrición disponible, la hidrología y la geología del lugar, los tipos de instalaciones de control de gases y lixiviado que van a utilizarse y el acceso al lugar. Normalmente se comienza a rellenar cada nivel por la cabeza de la vaguada y se termina por la boca, para prevenir la acumulación de agua en la parte de atrás del relleno. Se rellenan los sitios vaguada/depresión en múltiples niveles. El modo de operación es esencialmente el mismo que para el método en zona. Si el suelo es razonablemente plano el vertido inicial puede efectuarse utilizando el método celda/zanja excavada. Es de suma importancia prever la disponibilidad de material adecuado para la cubrición diaria y final cuando el relleno haya alcanzado la altura final.

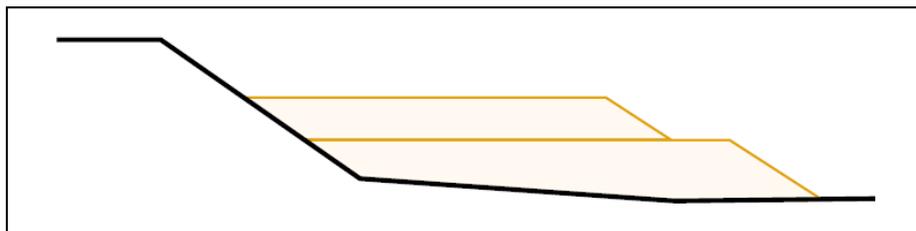


Figura 10.4: Relleno sanitario con método de vaguada

## CAPÍTULO XI

### PLAN DE IMPLEMENTACIÓN PARA LA GIRSU

#### 11.1 INTRODUCCIÓN

El manejo adecuado de los residuos requiere considerar un conjunto de acciones complementarias y multidisciplinarias, fundamentadas en los principios de desarrollo sostenible. Esto es lo que se denomina Gestión Integral, que es un sistema basado en una metodología que comprende las siguientes etapas: generación, separación en origen y disposición inicial, recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

El Plan de Gestión Integral de RSU, se desarrolla dentro del marco de la Estrategia Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU), que enfatiza que los objetivos principales relacionados con una gestión integral y sostenible de los RSU son: reducción, reciclado, compostaje, construcción de rellenos sanitarios como centros de disposición final y el cierre de basurales a cielo abierto.

Para poder llevar adelante de manera eficiente y eficaz esta GIRSU y que la planta de tratamiento de residuos opere como se estipula, de manera de dar una solución a la problemática de los residuos existente, es necesaria la máxima implicación de todos los actores involucrados en un grado de conocimiento elevado. Por lo que es importante mejorar la capacitación e interrelación entre las autoridades y organizaciones, y que la comunidad sea participe de este proyecto.

De manera que la implementación de un plan integral de residuos sólidos urbanos, debe ir acompañado por una campaña de esclarecimiento y comunicación de las actividades a realizar, por un programa de actividades de educación, concientización ambiental y sensibilización dirigida a toda la comunidad de la ciudad de Frías con el objetivo de obtener no solo la aceptación social del proyecto, sino además, la colaboración de cada uno de los ciudadanos.

#### 11.2 PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN

El plan de trabajo que se plantea a continuación pretende ser lineamientos a seguir por el municipio para la elaboración e implementación de la GIRSU. El programa se plantea a 10 años y se consideran cinco etapas:

1. Preparatoria - lanzamiento
2. Puesta en marcha de programas y obras
3. Construcción de obras
4. Operación
5. Revisión y control

| Actividad  | Responsable   | Duración |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|--|---|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
|  |   | 2013     | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 |  |
| <b>PREPARATORIA DEL PLAN GIRSU</b>   |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Implementación de Programa Institucional y Legal</b>                                    |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Programa de Fortalecimiento Institucional de Municipios</b>                             |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Elaboración de instrumentos legales para implementar el plan                               | Honorable Concejo Deliberante   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Consolidación de estructura ejecutora e institucional                                      |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Diseño e implementación de programas de capacitación sobre GRSU a funcionarios municipales | Secretaría de HSyMA   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Presentación del plan a la provincia</b>  |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Presentación del proyecto a la Nación</b>   | Dpto. Ejecutivo y Secretaría de HSyMA Municipal                                   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Selección del predio – EIA</b>  | Secretaría de HSyMA   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Establecimiento de mecanismos de coordinación interinstitucional e intersectorial</b>   | Secretaría de HSyMA   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|  |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Implementación de Programas Técnicos, Ambientales y Sociales</b>                        |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Definición de indicadores técnicos, ambientales y sociales</b>                          | Secretaría de HSyMA   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Programa de implementación del SGIRSU</b>   | Secretaría de HSyMA   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Programa de Minimización en la generación de RSU</b>                                    | Secretaría de HSyMA   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Programa de Erradicación de basurales</b>   | Secretaría de HSyMA   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Programa de Reinserción social de trabajo</b>   | Secretaría de HSyMA y Secretaría de Acción Social Municipal                       |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Programa de comunicación y educación</b>  | Secretaría de HSyMA, Secretaría de Acción Social y Dirección de Cultura Municipal |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|  |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Implementación de Programa Económico-Financiero</b>                                     |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Programa de Aseguramiento de la sostenibilidad administrativa y financiera del Plan</b> |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|  |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>PUESTA EN MARCHA DEL PLAN GIRSU</b>   |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| <b>Implementación del Sistema en sus etapas</b>  |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Licitación de Obras  | Secretaría de HSyMA – Secretaría de Obras y Servicios Públicos                    |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Adjudicación de las concesiones  | Secretaría de HSyMA – Secretaría de Obras y Servicios Públicos                    |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|  |   |          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |

| CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN DE MÁQUINAS Y EQUIPOS                      |   |  |
|---|---|--|
| <b>Ejecución de Obras</b>   |   |  |
| Centro de Disposición final   | Contratista   |  |
| Nivelación y acondicionamiento del terreno                            | Secretaría de Obras y Servicios Públicos            |  |
| Planta de tratamiento de lixiviados                                   | Contratista   |  |
| Planta de reciclaje   | Contratista   |  |
| Construcción de caminos internos                                      | Secretaría de obras y Servicios Públicos            |  |
| Planta de compostaje  | Secretaría de Obras y Servicios Públicos y de HSyMA |  |
|   |   |  |
| OPERACIÓN DE SERVICIOS  |   |  |
| <b>Centro de Disposición final</b>                                    |   |  |
| Capacitación  | Contratista   |  |
| Puesta en operación del Relleno Sanitario                             | Contratista   |  |
| Operación del Relleno Sanitario                                       | Secretaría de obras y Servicios públicos            |  |
| Monitoreo   | Secretaría de obras y Servicios públicos            |  |
| <b>Planta de tratamiento de lixiviados</b>                            |   |  |
| Puesta en operación   | Contratista   |  |
| Operación   | Secretaría de Obras y servicios públicos y de HSyMA |  |
| Monitoreo   | Secretaría de obras y Servicios públicos y de HSyMA |  |
| <b>Planta de clasificación</b>  |   |  |
| Capacitación a operarios  | Contratista   |  |
| Dotación al personal  | Secretaría de obras y servicios públicos y de HSyMA |  |
| Puesta en operación   | Contratista   |  |
| Operación   | Secretaría de obras y servicios públicos y de HSyMA |  |
| <b>Planta de compostaje</b>   |   |  |
| Capacitación a operarios  | Secretaría de obras y servicios públicos y de HSyMA |  |
| Operación   |   |  |
| <b>Recolección diferenciada</b>                                       |   |  |
| Diseño e implementación de programas de capacitación a recolectores   | Secretaría de HSyMA                                 |  |
| Dotar a personal de recolección y barrido de los correspondientes EPP | Secretaría de obras y servicios públicos y de HSyMA |  |



A continuación se detallan las actividades y responsables que comprenden algunos de los programa y acciones nombradas en el plan:

| Actividad   | Responsable  |
|---|--|
| <b>Consolidación de estructura ejecutora:</b><br>Creación de Secretaría de Higiene, Seguridad y Medio Ambiente (HSyMA).<br>Elaboración de reglamentos internos.<br>Elaboración de bases de contratación y ejecución del proyecto.<br>Elaboración de bases, y ejecución de Estudio de Impacto Ambiental (EIA).   | Dpto. Ejecutivo Municipal<br>Secretaría de HSyMA<br>Secretaría de HSyMA<br>Secretaría de HSyMA |
| <b>Presentación del plan a la Provincia:</b><br>Presentación a la autoridad provincial del Plan de GIRSU.<br>Aprobación del plan.   | Secretaría de HSyMA<br>Autoridad Prov. Ambiental   |
| <b>Presentación del Proyecto a la Nación:</b><br>Presentación del proyecto y solicitud de financiamiento.   | Secretaría de HSyMA  |
| <b>Establecimiento de mecanismos de coordinación interinstitucional e intersectorial:</b><br>Diseño e implementación de plan de comunicación.<br>Diseño e implementación de programas sociales.   | Secretaría de HSyMA  |
| <b>Programa de implementación del SGIRSU:</b><br>Etapa preparatoria.<br>Etapa puesta en marcha.<br>Etapa de construcción de instalación y obras.<br>Etapa de operación.<br>Etapa de revisión y monitoreo.   | Secretaría de HSyMA  |
| <b>Programa de Minimización en la generación de RSU:</b><br>Diseño e implementación de programas, campañas y capacitación de Reducción en origen:<br>Implementación de acciones a nivel municipal.<br>Implementación de acciones a nivel industrial, comercial y de servicios.<br>Implementación de acciones a nivel consumidor.<br>Monitoreo de resultados.  | Secretaría de HSyMA  |
| <b>Programa de Erradicación de basurales:</b><br>Acciones de pre-clausura.<br>Acciones de clausura.<br>Acciones de post-clausura y mantenimiento.<br>Saneamiento y/o remediación de zonas afectadas.  | Secretaría de HSyMA  |
| <b>Programa de Reinserción social de trabajo:</b><br>Ejecución de un censo de trabajadores informales y cirujas.<br>Selección del personal para realizar tareas.<br>Capacitación laboral para tareas con/sin residuos.<br>Entrenamiento.  | Secretaría de HSyMA<br>Secretaría de Acción Social Municipal                                   |
| <b>Programa de Comunicación y Educación:</b><br>Promoción del plan por medios gráficos a nivel local (folletos, carteleras).<br>Publicidad del plan en medios masivos (radio, televisión, diarios).<br>Incorporación del tema en programas escolares a nivel primario, secundario y terciario.<br>Diseño e implementación de campañas de comunicación, educación y concienciación ambiental:<br>Implementar talleres de capacitación para el manejo adecuado de los RSU empleando las 3R.<br>Promoción por medios gráficos, publicidad en medios masivos.<br>Diseño e implementación de campañas de comunicación y educación de recolección diferenciada:<br>Difusión de días y horarios de recolección diferenciada.<br>Promover el uso de bolsas de color haciendo entrega de las mismas en la vía pública o en la Municipalidad. | Secretaría de HSyMA<br>Secretaría de Acción Social<br>Dirección de Cultura Municipal           |

|   |  |
|---|--|
| Implementación de prueba piloto de recolección diferenciada por barrios.<br>Monitoreo de resultados.  |  |
| <b>Programa de Aseguramiento de la sostenibilidad administrativa y financiera del Plan:</b><br>Construcción del modelo económico de la GIRSU.<br>Definición de indicadores administrativos, económicos y financieros.<br>Revisión anual de ingresos, egresos e indicadores relevantes.<br>Ejecución de modificaciones de acuerdo a revisiones anuales.<br>Aseguramiento de recursos necesarios para la implementación del plan, objetivos y metas.<br>Fortalecimiento de las capacidades de la Municipalidad para asegurar la adecuada gestión administrativa, económica.<br>Generación de cultura de pago.<br>Definición y aplicación de tasas y sistemas de cobranza. | Secretaría de Economía<br>Secretaría de HSYMA<br><br>Municipio<br>Municipio<br>Municipio<br>Secretaría de Economía |
| <b>Licitación de Obras:</b><br>Planta de reciclaje.<br>Centro de Disposición Final.<br>Planta de tratamiento de lixiviados.<br>Parquización y forestación.  | Secretaria de HSYMA<br>Secretaría de Obras y<br>Servicios Públicos   |
| <b>Adjudicación de las concesiones:</b><br>Planta de reciclaje.<br>Centro de Disposición Final.<br>Planta de tratamiento de lixiviados.<br>Parquización y forestación.  | Secretaria de HSYMA<br>Secretaría de Obras y<br>Servicios Públicos   |
| <b>Centro de Disposición Final:</b><br>Preparación del predio.<br>Saneamiento del basural actual.<br>Construcción de obras para disposición final.  | Contratista  |
| <b>Planta de reciclaje:</b><br>Construcción y equipamiento de planta de clasificación.<br>Construcción de galpones, oficinas y áreas auxiliares.<br>Parquización y forestación (cortina forestal perimetral).   | Contratista  |
| <b>Planta de compostaje:</b><br>Construcción de canchas de compostaje.<br>Equipamiento.   | Secretaría de HSYMA<br>Secretaría de Obras y<br>Servicios Públicos   |
| <b>Revisión de indicadores técnicos, ambientales y sociales:</b><br>Toneladas recicladas.<br>Toneladas de compost.<br>Toneladas dispuestas en Relleno Sanitario.<br>Recuperadores informales insertados en el mercado laboral.  | Secretaría de HSYMA  |
| <b>Revisión de indicadores administrativos y económicos:</b><br>Tasa de limpieza y barrido / Costo total<br>Evolución de costo de disposición y recolección / Costo total<br>Ingresos por recuperación de residuos / Ingreso total  | Secretaría de HSYMA<br>Secretaría de Economía  |

## CAPÍTULO XII

### CONCLUSIÓN

Los residuos sólidos urbanos representan en la ciudad de Frías un problema ambiental. A medida que pasa el tiempo, la falta de gestión y control de los mismos y la falta de conciencia ciudadana, genera deterioro en la imagen de la ciudad, deterioro en la salud y calidad de vida de la población. Al no tener un destino específico, los residuos se encuentran formando basurales a cielo abierto en distintos puntos de la ciudad cercanos sobre todo al río, en basurales clandestinos formados por los propios vecinos, y como alimento de cerdos en algunas propiedades.

Si bien existen leyes a nivel nacional y provincial que legislan el tema, a nivel municipal no existe ordenanza que regule específicamente sobre los RSU, como tampoco una secretaría o dirección a nivel municipal específica en medio ambiente, que centre las responsabilidades y los esfuerzos sobre el tema; la cual sería necesaria para poder llevar adelante de manera organizada una GIRSU.

Al realizar el estudio de caracterización de los RSU, se obtuvo que se genera alrededor de 20Tn/día de residuos urbanos, es decir que cada habitante genera aproximadamente 0,56 kg/hab-día. De los cuales aproximadamente el 42,1% representan residuos inorgánicos reciclables, el 46,3% residuos orgánicos y el 11,6% incluye residuos patógenos, y residuos destinados directamente a relleno sanitario.

Es decir, que existe un porcentaje importante de residuos que pueden tratarse como recursos, y al darles una gestión adecuada se lograría disminuir la contaminación y resolver en gran medida el problema que representan.

Dentro de esta gestión el tema de la recolección es importante. Actualmente el servicio es del tipo recolección domiciliaria mixta, es decir, sin separación o clasificación de residuos. Lo que se propuso es realizar recolección diferenciada, en orgánicos e inorgánicos, estableciendo días y horarios específicos. Mediante la separación de los residuos en origen se lograría disminuir los residuos destinados a disposición final, reducir las tareas en la planta de tratamiento y por ende los costos de operación y disposición.

Dentro de las alternativas de recolección, se planteó recolección domiciliaria y en puntos fijos. Cada una de estas tiene ventajas y desventajas que deben ser analizadas al momento de decidir cual implementar. Cualquiera sea la alternativa que se elija, el servicio costará aproximadamente un 57% más que el actual, debido a que implica mayor horas-hombre de trabajo, y mayor distancias recorridas al llevar los residuos hasta la posible ubicación de la planta de tratamiento. Sin embargo, con la alternativa de puntos fijos el costo en combustible sería un 42% aproximadamente menor respecto de la otra opción. Pero el grado de segregación y participación ciudadana sería mayor trabajando con una recolección domiciliaria, lo que implica además la posibilidad de mayores ingresos (alrededor de un 14% más) debido a la venta de inorgánicos reciclables.

Con el fin de reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final, se planteó dar un tratamiento aeróbico a los residuos orgánicos e implementar una planta de clasificación de residuos inorgánicos. Si bien el fin que se persiguió es de saneamiento y reducción de residuos, revalorizarlos e insertarlos nuevamente en el ciclo productivo, permitirá al municipio solventar un cierto porcentaje de los costos asociados.

Considerando que por primera vez se tratarían los residuos en la ciudad, dándole una gestión adecuada, es que para el tratamiento de los residuos orgánicos se optó por el proceso de compostaje, ya que es una opción que requiere bajo capital de inversión y presenta simplicidad en las operaciones. Mediante este proceso, se reduciría cerca de 17,8% los residuos orgánicos generados por día.

La planta de clasificación dimensionada, si bien requiere de una importante inversión inicial, alrededor de nueve millones de pesos, permitirá un mejor rendimiento en el manejo de los residuos, recuperarlos y valorizarlos, y la venta de los mismos lograría cubrir entre un 74 y 86% (dependiendo

del tipo de recolección adoptada para brindar el servicio) de los costos asociados al funcionamiento de la planta de tratamiento y clasificación, sin considerar los costos del servicio de recolección.

Por último, para contribuir a la elaboración e implementación de la GIRSU en la ciudad, se consideró dentro del plan de trabajo, programas de educación y concienciación ciudadana, ya que se concluyó que la participación de la comunidad es un aspecto clave en el logro de este proyecto.

El plan integral de residuos sólidos urbanos, debe ir acompañado por una campaña de esclarecimiento y comunicación de las actividades a realizar, por un programa de actividades de educación, concienciación ambiental y sensibilización dirigida a toda la comunidad de la ciudad de Frías con el objetivo de obtener no solo la aceptación social del proyecto, sino además, la colaboración de cada uno de los ciudadanos en reducir la cantidad de residuos que se generan, en conservar la ciudad limpia y desarrollar una cultura ambiental.

Desde un punto de vista económico-financiero si bien el resultado entre los ingresos obtenidos por la venta de materiales reciclables y el costo operativo de la planta resulta a primera vista negativo, y el costo mensual del servicio de recolección y limpieza aumentaría en un 92% aproximadamente (sin considerar los ingresos generados por la venta de reciclables) al gestionar los residuos y tratarlos, es importante comprender que mediante la recuperación y revalorización de los mismos no solo se obtiene un beneficio económico, sino además un beneficio social, ya que las tecnologías y la gestión planteada pueden desarrollarse localmente, generando empleo, inclusión y desarrollo en la comunidad; y un beneficio ambiental al trabajar para reducir la cantidad de residuos tanto en la generación como lo destinado a disposición final, que permite reducir el impacto ambiental y brindar una mejor calidad de vida.

Adoptando políticas y decisiones adecuadas por parte del municipio, se puede mejorar la calidad de vida de los ciudadanos, propiciar el desarrollo local, y garantizar un medio ambiente sano.

## BIBLIOGRAFÍA

- ACUMAR. 2011. *Plan maestro de gestión integral de residuos sólidos urbanos*. Buenos Aires. Disponible en internet: < <http://www.acumar.gov.ar/content/documents/0/1610.pdf> >
- ALCOLEA, Miriam; GONZALEZ, Cristina. 2000. *Manual de compostaje doméstico*. Barcelona
- AUDRITO, Denise; COLAUTTI, Fernando. 2012. *Ya se fabrican bolsas biodegradables*. La Voz del Interior. Córdoba. Disponible en internet: <<http://www.lavoz.com.ar/ciudadanos/ambiente/ya-se-fabrican-bolsas-biodegradables>>
- CAMPITELLI, Paola, et al. 2010. *Manual práctico de compostaje*. Córdoba: Encuentro grupo editor.
- CRAVIOTO, Ángel; ROSSI, María. 2000. *Plan Nacional de Valorización de Residuos - Manual operativo de valorización de Residuos Sólidos Urbanos para medianos y pequeños asentamientos de Argentina*. Buenos Aires: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. Disponible en internet: <[http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/ObserveRSU/file/PLANVAL\\_MANUAL\\_OP.pdf](http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/ObserveRSU/file/PLANVAL_MANUAL_OP.pdf) >
- CRUZATE, Gustavo, et al. 2008. *Suelos y ambientes de Santiago del Estero*. Buenos Aires: INTA – Instituto de Suelos. Disponible en internet: <<http://inta.gob.ar/imagenes/SantiagodelEstero.jpg/view> >
- GALLARDO IZQUIERDO, Antonio; et al. 2008. *Estudio de los Modelos de Recogida Selectiva de Residuos Urbanos implantados en ciudades españolas: Grado de Separación de materiales en origen*. Madrid: Fundación CONAMA, 9º Congreso Nacional del Medio Ambiente.
- GILBERT, M. Masters; WENDELL, P. Ela. 2008. *Introducción a la ingeniería ambiental*. 3º Edición. Madrid: Pearson Educacion SA.
- GONZALEZ, Gisela. 2010. *Residuos sólidos urbanos Argentina, Tratamiento y disposición final*. Buenos Aires: Cámara Argentina de la Construcción.
- IRAM 29523:2003. Calidad ambiental – Calidad del suelo. *Determinación de la composición de residuos sólidos urbanos sin tratamiento previo*. Argentina.
- KIELY, Gerard. 1999. *Ingeniería ambiental. Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Editorial McGraw Hill.
- KUNITOSHI, Sakurai. 1980. *Recolección de Residuos Sólidos*. OPS/OMS, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.
- Los Verdes, Foro de Ecología Política. 2012. *Evaluación de la política implementada por la ciudad de Buenos Aires en relación a las bolsas plásticas*. Argentina. Disponible en internet: < <http://losverdes.org.ar/nuevo/wp-content/uploads/2012/11/OBCbolsasLosVerdes.pdf> >
- Ministerio de Salud y Ambiente, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable. 2005. *Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU)*. Argentina. Disponible en internet:<[http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/ObserveRSU/file/ENGIRSU%20versi%C3%B3n%20final%2030\\_09\\_05.pdf](http://www.ambiente.gob.ar/archivos/web/ObserveRSU/file/ENGIRSU%20versi%C3%B3n%20final%2030_09_05.pdf) >
- MURIALDO, Raquel. 2012. *Gestión de residuos sólidos urbanos*. Cátedra de gestión ambiental.
- REBOLLEDO, Alejandro. 2009. *Gestión integral de Residuos Sólidos Municipales*. México
- RECCHINI de LATTES, ZULMA; ALFREDO E. LATTES. 1975. *La Población de Argentina*. CICRED Series. Buenos Aires. Zlotopioro SACIF
- SZTERN, Daniel, et al. 1999. *Manual para la elaboración de compost. Bases conceptuales y procedimientos*. Uruguay: Organización Panamericana de la Salud - Organización Mundial de la Salud. Disponible en internet: <<http://www.bvsops.org.uy/pdf/compost.pdf> >

Páginas de internet:

<http://geointa.inta.gov.ar/>

<http://www.ambiente.gob.ar/>

<http://fcf.unse.edu.ar/>

<http://www.sde.gov.ar/>

<http://www.ecoesquel.org.ar/>

## ANEXO A

### Metodología para la proyección poblacional

Para realizar la proyección de la población de la ciudad de Frías se utilizó el método de Proyección de Proporciones, empleado en el Plan Provincial de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos para la provincia de Tucumán, ya que por falta de información respecto a niveles de desagregación geográficos no se pudo emplear el método de los componentes demográficos empleado por el INDEC para realizar proyecciones.

Para proyectar la proporción que representa la ciudad de Frías en relación al total del país para los años 2012 y 2022 proyectados por INDEC, se adopta una función logística basada en el nivel observado en un momento inicial y en una hipótesis sobre el diferencial de crecimiento entre la subpoblación considerada y su complemento.

La función logística en una de sus expresiones generales, puede escribirse como:

$$Y(t) = K / (1 + e^{(f \cdot t)})$$

En el caso particular de aplicación a una proyección poblacional el valor  $Y(t)$  representará la población en el momento  $t$ , la constante  $K$  expresará el campo máximo de variación (o más precisamente el límite máximo de la población que podría expresarse hacia el futuro), mientras que  $f(t)$  es un polinomio que puede tomar diversas formas, más o menos complejas. Una de las más elementales es el de la línea recta:  $f(t) = a + b \cdot t$

La logística evoluciona en función del tiempo con las siguientes características:

- Su tasa de crecimiento disminuye en forma constante a partir de una tasa inicial  $r_i$  (valor inicial que corresponde al valor más alto que puede alcanzar  $r$ ), tendiendo a cero, mientras el valor de  $Y(t)$  tiende a  $K$ .
- La curva presenta un periodo de incremento relativo lento, con aceleración permanente.
- Existe un punto de incremento máximo, que coincide con el punto de inflexión de la curva y alrededor del cual la curva es simétrica.
- Al final, la curva muestra un proceso de desaceleración siempre a partir del punto de inflexión.

La función adoptada para proyectar la proporción corresponde a la fórmula:

$$\%M_{\text{año}} = 1 / (1 + (TN_0 - M_0)/M_0) * e^{(-d \cdot t)}$$

En donde:

$$d = M - R$$

$$M = (\ln (M_{2010}/M_{2001})) / t \quad t: \text{diferencia entre los años analizados}$$

$$R = (\ln (R_{2010}/R_{2001})) / t$$

La tabla siguiente muestra los resultados obtenidos para las proyecciones a 2012 y 2022 considerando la fórmula anterior:

Tabla A1: Proyección de la población para la ciudad de Frías al 2012 y 2022

| Proyección para la ciudad de Frías al 2012 |        |        |                    |    |          |            |              |            |            |            |            |             |             |            |             |
|--|--------|--------|--------------------|----|----------|------------|--------------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| M  | R      | d      | $(TN_0 - M_0)/M_0$ | t  | $(-)d*t$ | $e^{-d*t}$ | $\%M_{2012}$ | $M_{2001}$ | $M_{2010}$ | $R_{2001}$ | $R_{2010}$ | $TN_{2001}$ | $TN_{2010}$ | $M_{2012}$ | $TN_{2012}$ |
| 0,0278                                     | 0,0101 | 0,0177 | 1426,5080          | 11 | -0,1945  | 0,8232     | 0,0851       | 25401      | 33535      | 36234729   | 40083561   | 36260130    | 40117096    | 35512      | 41733271    |
| Proyección para la ciudad de Frías al 2022 |        |        |                    |    |          |            |              |            |            |            |            |             |             |            |             |
| M  | R      | d      | $(TN_0 - M_0)/M_0$ | t  | $(-)d*t$ | $e^{-d*t}$ | $\%M_{2020}$ | $M_{2001}$ | $M_{2010}$ | $R_{2001}$ | $R_{2010}$ | $TN_{2001}$ | $TN_{2010}$ | $M_{2022}$ | $TN_{2022}$ |
| 0,0278                                     | 0,0101 | 0,0177 | 1426,5080          | 19 | -0,3360  | 0,7146     | 0,0980       | 25401      | 33535      | 36234729   | 40083561   | 3660130     | 40117096    | 44480      | 45376763    |

Siendo:

M: población de la ciudad de Frías en los años señalados

R: diferencia entre el total de la población en los años señalados y el valor de M

t: tiempo considerado para el cálculo

TN: poblacional total del país en los años señalados

## ANEXO B

### a) Generación de Residuos Sólidos Urbanos en Argentina

El indicador más representativo respecto a la cantidad de residuos producidos, está dado por la generación per cápita, equivalente a la cantidad medida en kilogramos que produce cada habitante diariamente.

Según se muestra en las tablas B1 y B2, realizadas por la Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación en el marco de la Estrategia Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (ENGIRSU), la GPC media del país se encuentra entre 0,91 y 0,95 kg/hab.día, dependiendo ello de los distintos saltos de escala, encontrándose una máximo de 1,52 kg/hab.día para la ciudad de Buenos Aires y un mínimo de 0,44 kg/hab.día para la provincia de Misiones. Las tablas además proporcionan una medida global de los RSU producidos en poblaciones de diferentes tamaños, provincias y regiones.

Tabla B1: Generación per cápita

| Rangos poblacionales           | Total Municipios (n°) | Municipios Muestra (n°) | RSU Ton/día      | Población Servida hab | GPC kg/hab.día |
|--------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|----------------|
| menos de 9.999 habitantes      | 1.726                 | 238                     | 619,21           | 789.481               | 0,78           |
| desde 10.000 hasta 19.999      | 167                   | 44                      | 507,30           | 612.487               | 0,83           |
| desde 20.000 hasta 49.999      | 147                   | 38                      | 850,23           | 1.121.821             | 0,76           |
| desde 50.000 hasta 99.999      | 48                    | 25                      | 1.540,40         | 1.737.656             | 0,89           |
| desde 100.000 hasta 199.999    | 22                    | 17                      | 2.105,53         | 2.161.543             | 0,97           |
| desde 200.000 hasta 499.999    | 11                    | 10                      | 2.102,62         | 2.849.754             | 0,74           |
| desde 500.000 hasta 999.999    | 4                     | 3                       | 2.234,00         | 2.083.194             | 1,07           |
| más de 1.000.000 de habitantes | 1                     | 1                       | 1.686,88         | 1.298.602             | 1,30           |
| <b>Total Muestra</b>           | <b>2.126</b>          | <b>376</b>              | <b>11.646,17</b> | <b>12.654.539</b>     | <b>0,92</b>    |

| Regiones             | Total Municipios (n°) | Municipios Muestra (n°) | RSU ton/día      | Población Servida hab | GPC kg/hab.día |
|----------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|----------------|
| Cuyo (CU)            | 101                   | 26                      | 2.039,86         | 1.807.984             | 1,13           |
| Noreste (NE)         | 333                   | 17                      | 1.353,84         | 1.972.800             | 0,69           |
| Noroeste (NO)        | 285                   | 40                      | 1.726,73         | 2.351.498             | 0,73           |
| Pampeana (PA)        | 1.211                 | 273                     | 5.508,98         | 5.360.587             | 1,03           |
| Patagonia (PAT)      | 196                   | 20                      | 1.016,76         | 1.161.670             | 0,88           |
| <b>Total Muestra</b> | <b>2.126</b>          | <b>376</b>              | <b>11.646,17</b> | <b>12.654.539</b>     | <b>0,92</b>    |

| Operación CEAMSE                  | Total Municipios (n°) | Municipios Muestra (n°) | RSU ton/día      | Población Servida hab | GPC kg/hab.día |
|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------|-----------------------|----------------|
| Ciudad de Buenos Aires            | 1                     | 1                       | 4.146,85         | 2.721.750             | 1,52           |
| Partidos de la Pcia. Buenos Aires | 34                    | 34                      | 8.590,29         | 10.415.088            | 0,82           |
| <b>Total CEAMSE</b>               | <b>35</b>             | <b>35</b>               | <b>12.737,14</b> | <b>13.136.838</b>     | <b>0,97</b>    |

|              |              |            |                  |                   |             |
|--------------|--------------|------------|------------------|-------------------|-------------|
| <b>TOTAL</b> | <b>2.161</b> | <b>411</b> | <b>24.383,31</b> | <b>25.791.377</b> | <b>0,95</b> |
|--------------|--------------|------------|------------------|-------------------|-------------|

Fuente: ENGIRSU 2005, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación

Tabla B2: Generación per cápita y Total por provincia y país

| Provincias             | Población<br>(Extrapolada a 2004) | GPC<br>(kg / hab.día) | RSU Total<br>(miles ton /año) |
|------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------|
| Buenos Aires           | 14.312.138                        | 0,83                  | 4.268                         |
| Catamarca              | 359.963                           | 0,69                  | 90                            |
| Ciudad de Buenos Aires | 2.721.750                         | 1,52                  | 1.493                         |
| Córdoba                | 3.177.382                         | 1,05                  | 1.204                         |
| Corrientes             | 979.223                           | 0,87                  | 306                           |
| Chaco                  | 1.053.335                         | 0,61                  | 232                           |
| Chubut                 | 433.739                           | 0,95                  | 148                           |
| Entre Ríos             | 1.209.218                         | 0,60                  | 261                           |
| Formosa                | 518.000                           | 0,65                  | 122                           |
| Jujuy                  | 650.123                           | 0,71                  | 166                           |
| La Pampa               | 314.131                           | 0,98                  | 111                           |
| La Rioja               | 315.744                           | 0,77                  | 88                            |
| Mendoza                | 1.637.756                         | 1,15                  | 678                           |
| Misiones               | 1.033.676                         | 0,44                  | 163                           |
| Neuquén                | 508.309                           | 0,92                  | 169                           |
| Río Negro              | 571.013                           | 0,86                  | 178                           |
| Salta                  | 1.157.551                         | 0,76                  | 316                           |
| San Juan               | 655.152                           | 0,96                  | 226                           |
| San Luis               | 399.425                           | 1,12                  | 161                           |
| Santa Cruz             | 211.336                           | 0,82                  | 63                            |
| Santa Fe               | 3.079.223                         | 1,11                  | 1.235                         |
| Santiago Del Estero    | 852.096                           | 0,83                  | 255                           |
| Tierra Del Fuego       | 113.363                           | 0,64                  | 26                            |
| Tucumán                | 1.405.521                         | 0,73                  | 369                           |
| <b>TOTAL</b>           | <b>37.669.169</b>                 | <b>0,91</b>           | <b>12.325</b>                 |

Fuente: ENGIRSU 2005, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación

Por otro lado se comparó el GPC de ciudades con población similar a la ciudad de Frías, obteniéndose lo siguiente:

Tabla B3: GPC de ciudades de Argentina

| Provincia    | Localidad        | Habitantes - Censo 2010 | GPC  | Tn/día |
|--------------|------------------|-------------------------|------|--------|
| Santa Fe     | Casilda          | 33205                   | 0,65 | 21     |
|              | Esperanza        | 39694                   | 0,5  | 20     |
|              | Gran. Baigorria  | 34499                   | 0,65 | 22     |
|              | Capitán Bermudez | 30053                   | 0,65 | 19     |
| Chaco        | Quitilipi        | 34117                   | 0,49 | 16,7   |
|              | Charata          | 35000                   | 0,3  | 10,5   |
| Salta        | Embarcación      | 30374                   | 0,81 | 24,6   |
|              | Gral. Güemes     | 34613                   | 0,81 | 28     |
|              | Metán            | 31660                   | 0,65 | 20,6   |
| Córdoba      | Cruz del eje     | 30680                   | 0,7  | 21,4   |
| Buenos Aires | Trenque Lauquen  | 33442                   | 0,5  | 17     |

Fuente: Elaboración propia

En base a los valores de la tabla anterior, y a los obtenidos para la ciudad de Frías, se calculó un valor promedio de generación per cápita empleado para proyectar la generación de residuos al año 2022:

| Concepto         | GPC (Kg/hab.día) |
|------------------|------------------|
| Frías (año 2012) | 0,56             |
| Promedio         | 0,58             |

## b) Tipo de Residuos Sólidos Generados

La composición de los residuos es el porcentaje de participación de cada elemento en los RSU generados, y es una variable crítica para el proyecto, ya que de ella se desprende cuáles son los tipos de RSU factibles de ser recuperados.

En particular respecto a la fracción valorizable, se cuenta con datos aislados a partir de las distintas fuentes de información consultadas. Los mismos se muestran en las tablas siguientes:

Tabla B4: Tipos de Residuos

| Material     | Bs. As. (1) | CABA (2) | La Plata (1) | Prov. Mendoza (1) | Área Metrop. Mendoza (3) | Rauch (Prov. BA) (1) | PNVR SAyDS (1) |
|--------------|-------------|----------|--------------|-------------------|--------------------------|----------------------|----------------|
| Papel-cartón | 25.4%       | 13.6%    | 17.8%        | 24.0%             | 9.1%                     | 27%                  | 9.0%           |
| Vidrio       | 4.2%        | 5%       | 3.1%         | 8.0%              | 2.6%                     |                      | 6.0%           |
| Metales      | 2.8%        | 1.8%     | 2.2%         | SD                | 1.1%                     |                      | 2.0%           |
| Plásticos    | 17.0%       | 17.9%    | 15.5%        | 11.0%             | 10.3%                    |                      | 10.0%          |
| Orgánicos    | 40.0%       | 50.9%    | 48.8%        | 54.0%             | 50.2%                    | 63.0%                | 58%            |

Fuentes: (1) OPS 2002; (2) CEAMSE 2003; (3) UTN 2004

Fuente: ENGIRSU 2005, Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación

Tabla B5: Composición de los RSU de la ciudad de las Termas de Río Hondo

| Material       | Termas de Río Hondo |
|----------------|---------------------|
| Orgánico       | 53,7%               |
| Papel y Cartón | 19,1%               |
| Vidrios        | 5,2%                |
| Metales        | 2,3%                |
| Plásticos      | 19,3%               |

Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, GIRSU para el municipio de Termas de Río Hondo, 1999

Tabla B6: Composición de Residuos Sólidos

| Material       | Ciudades menos de 100000 habitantes | Ciudades menos de 10000 habitantes | Ciudad de Salta | Prov. de la Pampa |
|----------------|-------------------------------------|------------------------------------|-----------------|-------------------|
| Orgánicos      | 56,25%                              | 58%                                | 55%             | 63%               |
| Papel y Cartón | 17,5%                               | 18%                                | 11%             | 3,5%              |
| Plásticos      | 10%                                 | 10%                                | 6%              | 9%                |
| Vidrios        | 6,25%                               | 6%                                 | 11%             | 4%                |
| Metales        | 2,5%                                | 2%                                 | 5%              | 10,35%            |
| Otros          | 7,5%                                | 6%                                 | 12%             | 10,15%            |

Fuente: Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Plan GIRSU para la municipalidad de Córdoba, 2008

En Argentina, debido a la diferencia poblacional de las distintas ciudades, diferencias en costumbres, nivel de ingresos, etc., existe una gran variabilidad en la composición de los residuos recolectados.

Al analizar los datos disponibles para distintas localizaciones y momentos del país, se encuentra que la proporción de algunos materiales presentes en los RSU corresponden a valores que pueden considerarse típicos dentro de un rango de variación conforme a lo que se representa en la siguiente figura:

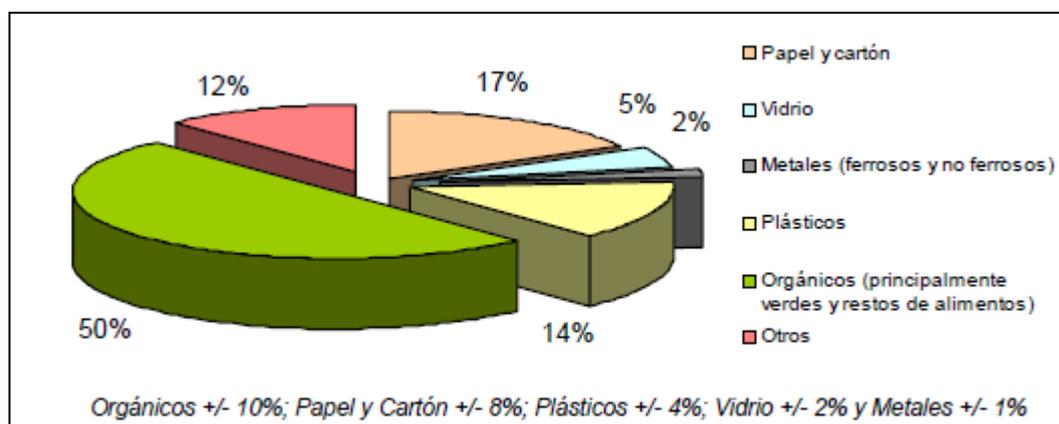


Figura B1: Proporción típica estimada de los RSU en Argentina

Fuente: Grupo Arrayanes – Observatorio Nacional de Gestión de Residuos Sólidos Urbanos, 2011

Estos datos son parecidos a estimaciones realizadas para otros países de América Latina:

Cuadro B7: Composición promedio de RSU en algunas ciudades de América Latina

| Material     | Ciudad de México | Caracas, Venezuela | Asunción, Paraguay | Bogotá, Colombia | Ciudad de Guatemala |
|--------------|------------------|--------------------|--------------------|------------------|---------------------|
| Papel-Cartón | 16,7%            | 34,9%              | 12,2%              | 18,3%            | 13,9%               |
| Orgánicos    | 56,4%            | 40,4%              | 60,8%              | 57,1%            | 65%                 |
| Metales      | 5,7%             | 6%                 | 2,3%               | 1,7%             | 1,8%                |
| Vidrios      | 3,7%             | 6,6%               | 4,6%               | 4,6%             | 3,2%                |
| Plásticos    | 5,8%             | 7,8%               | 4,4%               | 14,2%            | 8,1%                |
| Otros        | 11,7%            | 2,3%               | 15,7%              | 4,1%             | 8%                  |

Fuente: Biblioteca virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental, 2002