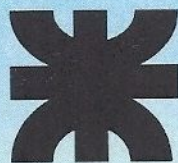


PF  
34  
60.017



# PROYECTO FINAL

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL  
FACULTAD REGIONAL SAN NICOLÁS



## Incineración de Residuos Sólidos Urbanos con Recuperación de Energía

*Carrera: Ing. Industrial*

*Profesor: Ing. Armando Pettorossi*

*Jefe T.P.: Ing. Eduardo García Barrera*

*Alumnos: CAFIERO, CLAUDIO  
DELARROSA, FAUSTO  
SORRENTINO, GUSTAVO*

*Fecha: Diciembre 2005*



PF  
34  
60.017

PF  
34  
60.017

## INDICE

<b>1. Introducción.....</b>	<b>5</b>
1.1 Situación de contexto en la ciudad de Rosario .....	7
1.2 Posibles soluciones .....	7
1.3 Aspecto ambiental y social de la ciudad de Rosario.....	7
1.4 Salud Pública.....	8
1.5 Aspectos Económico-Financieros .....	9
1.6 Financiación de obras .....	9
1.6.1 Recursos financieros a nivel nacional.....	9
1.6.2 Inversiones en el sector .....	10
1.7 Pasos a seguir para una eficiente gestión de los RSU .....	10
1.8 Sostenibilidad .....	11
<b>2. Decisión de Localización .....</b>	<b>13</b>
2.1 Estudio preliminar.....	15
2.1.1 Macrolocalización.....	15
2.1.2 Ciudad de Rosario .....	15
2.2 Factores de localización.....	17
2.2.1 Factores ambientales.....	18
2.2.2 Factores de importancia.....	18
2.3 Disponibilidad de servicios .....	19
2.4 Microlocalización .....	19
<b>3. Estudio de Mercado .....</b>	<b>23</b>
3.1 El Mercado del Proyecto .....	25
3.2 Crecimiento de la Población.....	25
3.3 Generación futura de Residuos Sólidos Urbanos .....	26
3.4 Mercado Proveedor .....	27
3.4.1 Proveedores de Materia Prima .....	27
3.4.2 Calidad de los R.S.U. de la Ciudad de Rosario .....	28
3.4.3 Proveedores de Insumos .....	28
3.5 Estrategia Comercial .....	28
3.5.1 Producto.....	28
3.5.2 Precio .....	29
3.5.3 Distribución .....	29
<b>4. Estudio Técnico.....</b>	<b>31</b>
4.1 Alternativas Ponderadas .....	33
4.2 Proceso de Incineración.....	34
4.3 Balance de Masas y Esquema de Rendimientos.....	38
4.4 Datos Técnicos.....	38
4.5 Lay Out de Planta.....	39
4.6 Ventajas e Inconvenientes .....	40



<b>5. Estudio Organizacional.....</b>	<b>41</b>
5.1 Organigrama.....	43
5.2 Balance de Personal .....	44
5.3 Balance de Personal Contratado .....	49
<b>6. Estudio Legal .....</b>	<b>51</b>
6.1 Introducción a la Viabilidad sobre Medioambiente.....	53
6.2 Ley Nacional de Gestión de Residuos Domiciliarios.....	53
<b>6.3 Decreto Reglamentario de la Ley 19.587 sobre Medicina, Higiene y Seguridad en el Trabajo</b>	<b>56</b>
6.4 Legislación Provincial sobre Radicación Industrial .....	56
6.5 Legislación Provincial Ambiental.....	57
6.6 La energía eléctrica .....	58
6.6.1 Marco Regulatorio Eléctrico y Transformación Energética Provincial (Santa Fe).....	58
6.6.2 El Ente Nacional Regulador de la Electricidad (E.N.R.E.).....	59
6.6.3 CAMMESA .....	59
6.7 Ordenanzas Municipales – Digesto Ambiental Rosario.....	59
6.8 Resoluciones .....	60
<b>7. Estudio Ambiental .....</b>	<b>61</b>
7.1 Situación de la Incineradora frente a la Norma Internacional .....	63
7.2 Evolución de las incineradoras.....	63
7.2.1 Los aspectos negativos.....	64
7.2.2 Los aspectos positivos .....	64
7.2.3 La descomposición de basura en rellenos sanitarios versus la incineración .....	65
7.2.4 Tecnologías de incineración .....	65
7.3 Emisiones gaseosas.....	66
7.3.1 Impacto de los efluentes gaseosos.....	67
7.3.1.1 Características de los efluentes gaseosos .....	67
7.3.2 Medidas correctivas .....	67
7.3.2.1 Partículas sólidas.....	67
7.3.2.2 Metales pesados.....	67
7.3.2.3 Ácido Clorhídrico (HCl).....	67
7.3.2.4 Ácido fluorhídrico (HF).....	67
7.3.2.5 Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).....	68
7.3.2.6 Monóxido de carbono (CO) .....	68
7.3.2.7 Orgánicos.....	68
7.4 Efluentes líquidos .....	68
7.4.1 Efluente del extractor de las escorias .....	68
7.4.2 Purga de la caldera .....	68
7.4.3 Aguas sanitarias.....	69
7.4.4 Lixiviados de la fosa de residuos .....	69
7.5 Residuos Sólidos Urbanos .....	69
7.6 Lista de impactos potenciales .....	69
7.7 Impacto de los residuos sólidos .....	70
7.8 Impactos Físicos.....	70
7.8.1 Olores.....	70
7.8.2 Ruidos .....	71
7.9 Otros Impactos .....	71
7.9.1 Insectos, roedores y aves .....	71

7.9.2 Tráfico de camiones.....	71
7.10 Electro-Smog.....	72
7.11 Campos Eléctricos.....	72
<b>8. Alternativas de Financiación .....</b>	<b>75</b>
8.1 Área Económica-Financiera .....	77
8.1.1 Los recursos financieros .....	77
8.2 Recursos financieros del exterior – Internacionales o bilaterales.....	77
8.2.1 Contactos Banco Interamericano de Desarrollo y Banco Mundial .....	78
8.3 Posibles soluciones .....	78
8.4 Cancelación del préstamo bancario .....	78
<b>9. Estudio Económico .....</b>	<b>81</b>
9.1 Incineración de residuos .....	83
9.1.1 La incineración como solución .....	83
9.2 Aspectos económicos.....	83
9.2.1 Reparto de la inversión total de una planta de RSU.....	83
9.2.2 Reparto de la inversión total de una planta de RSU.....	83
9.2.3 Resultado de la explotación .....	84
9.2.4 Flujo de fondos (Capital Propio) .....	84
9.2.5 Flujo de fondos (40 % propio y 60 % a crédito).....	90
<b>10. Conclusiones.....</b>	<b>97</b>
<b>11. Anexos .....</b>	<b>101</b>
Anexo N° 1 -Crecimiento de la población de la Ciudad de Rosario.....	103
Anexo N° 2 -Crecimiento del PBI –per cápita- en Argentina .....	105
Anexo N° 3 -Calidad de los R.S.U. de la Ciudad de Rosario.....	107
Anexo N° 4 - Diagrama de Proceso (Planta Incineradora de R.S.U. con Recuperación de Energía).....	115
Anexo N° 5 –Lista de Proveedores .....	117
Anexo N° 6 -Factibilidad de instalación de una Planta de Compostaje cerrado con Recuperación de Biogás para producir Energía Eléctrica.....	119
Anexo N° 7 –Cálculos de Sueldos y Leyes Sociales a pagar.....	123
Anexo N° 8 -Proyección del valor de la Energía Eléctrica.....	131
Glosario .....	135
Bibliografía y sitios web consultados.....	139



# INTRODUCCIÓN

### 1.1 Situación de contexto en la ciudad de Rosario

Rosario con una población de 1.100.000 personas evidencia graves insuficiencias en su infraestructura para solucionar los problemas de los residuos domiciliarios, que potencian la saturación de los ecosistemas, tienen carencia de servicios básicos, cohabitan con la presencia de basurales a cielo abierto y es ampliamente conocido el grave problema de higiene ambiental.

El crecimiento demográfico, y el cambio de las estrategias de comercialización de los productos de consumo masivo –con sus problemáticas consecuentes- ha sido más rápido de lo previsto por parte de los organismo intervinientes en el tema de los RSU, y no ha existido hasta el presente en la Provincia de Santa Fe un plan para afrontar tal situación.

Nuestro diagnóstico ha permitido identificar los siguientes aspectos críticos:

- 1°) La carencia de sistemas de información y seguimiento que restringe la posibilidad de planificar y de contar con un elemento valioso para la correcta toma de decisiones y adecuada gestión.
- 2°) No se ha encontrado una fórmula regulatoria para obligar a los Municipios a cumplir con ciertas normas de tipo ambiental y financiero.
- 3°) Falta de políticas para reducir la generación de los RSU.
- 4°) Existen problemas de ubicación de los rellenos sanitarios que impacta negativamente en el ambiente y en la calidad de vida de las poblaciones aledañas a los basurales.
- 5°) No cumplen con la ley 11.872 aprobada por la Legislatura sancionada en 2001 que prohíbe dentro del territorio la instalación de depósitos a cielo abierto, público o privado de RSU e Industriales proclives a la combustión y generación de humos o gases, sin que se los trate con técnicas que impidan estas consecuencias.

Estos RD causan los siguientes efectos en el ambiente: contaminan el aire, el suelo, el agua, deterioran el paisaje y afectan la calidad de vida de todos los habitantes.

Además entierran materia prima y pagan por ello.

Inutilizan decenas de hectáreas de tierra en las zonas más fértiles de la provincia.

En la actualidad se cuenta con un sistema de salud que se satura de casos de enfermedades respiratorias e infecciosas.

Es lamentable pero cierto y desde el sentido común los rellenos sanitarios no parecen ser la solución más acertada.

### 1.2 Posibles soluciones

No obstante, el futuro abre una expectativa cierta de mejoramiento. Por una parte, la conciencia de autoridades y comunidad acerca de la magnitud del problema, sustrato necesario para que cualquier acción tenga eficacia, y que surja del consenso social.

La gestión de los RSU con **responsabilidad e innovación**, nos permite desarrollar alternativas y soluciones económicas ambientalmente sustentables.

El análisis de situación general de la provincia de Santa Fe que presentamos, es el resultado de un metódico relevamiento de campo, realizado con datos obtenidos de los diferentes entes que integran la gestión de RSU de la ciudad de Rosario, más la bibliografía detallada al final de este trabajo. Es en definitiva una radiografía actual de la problemática de los RSU en la provincia de Santa Fe.

En su reestructuración no solo está el presente, sino la posibilidad de anticiparnos a las complicaciones de futuro, para que las nuevas generaciones mejoren también en este aspecto su calidad de vida.

Por tal motivo no hay que pensar en un **relleno sanitario** como depósito, sino en un programa a largo plazo de **prevención, reciclado e incineración con recuperación de energía**.

### 1.3 Aspecto ambiental y social de la ciudad de Rosario

Las autoridades están trabajando en la promoción de una cultura respetuosa del medio ambiente logrando notables adelantos.

Existen planes operativos y ambientales en relación al manejo de los RSU.

Un ejemplo son:

- Colocación de contenedores en la vía pública para los RD, con el fin de mejorar la limpieza del macro centro.

Este servicio es de máxima funcionalidad, ya que los vecinos arrojan los residuos en su interior, evitando así que la basura se amontone sobre las veredas y disminuye el impacto negativo en el medio ambiente.

Los contenedores son vaciados todos los días por las empresas recolectoras de residuos a cargo, 850 de la empresa CLIBA y 350 de LIME en los horarios habituales de recolección, utilizando un camión especial provisto de brazos neumáticos que sujetan y alzan el recipiente para volcar dentro del mismo.

Esta iniciativa ha constituido una alternativa efectiva para el grave problema de la basura en la vía pública, que conlleva una mejora notable en la limpieza de la ciudad y cuenta con la favorable recepción de parte de los vecinos.

- Contenedores para edificios; También se instalaron contenedores para edificios, con una capacidad de 240 litros. Este sistema se pudo implementar gracias al esfuerzo compartido de los vecinos, que deben comprar el contenedor y el municipio paga el **servicio diferencial**.

- Otro adelanto importante es la colocación de contenedores “color naranja” avanzando así en el programa de separación en origen, para que los vecinos coloquen allí el material reciclable que será recolectado dos veces por semana.

Este material es llevado a las seis cooperativas de recuperación de residuos que funciona en Gallino III y que da trabajo a 80 personas.

- Las 20 toneladas diarias que produce el barrido de las calles es depositada junto a escombros e inertes en el predio municipal de Gallino en Presidente Perón al 8000.

- En el año 2003 cerró el relleno sanitario que funcionaba en Puente Gallego III.

- Hizo en su lugar el relleno sanitario Gallino II ubicado en el viejo camino a Soldini s/n, o sea Av. Ovidio Lagos al 7400 a un costo de \$3.000.000. Es un moderno sistema de disposición de RSU, es el más efectivo que hay en Argentina y coloca a Rosario en la vanguardia en la materia. Ocupa 7 hectáreas donde son depositadas 800 toneladas diarias de RSU.

- Mediante la Ordenanza 7721 sancionada el 20 de agosto de 2004 crea el programa de emprendimientos ambientales sanitarios y centro de recuperación de residuos en forma de cooperativas, que contengan a los obreros, evitar el abuso de acopiadores y también erradicar el trabajo informal.

- La secretaría de Servicios Públicos puso en marcha el proyecto de utilización de residuos verdes, utilizando: ramas, césped, desmalezamiento, hojas y poda del arbolado público y privado solamente para producir un abono orgánico vegetal. El producto obtenido se utiliza para abonar parques, plazas, se vende en viveros, etc.

Esta planta piloto de elaboración de compost esta instalada en el predio de Gallino II.

- En el año 2004 el Consejo Municipal aprobó mediante contratación directa que firmó el ejecutivo con el operador privado Empresa Resicom SRL, que explota el relleno sanitario de Ricardone, seguir trasladando la basura que genera la ciudad de 800 toneladas día durante los próximos 4 años por \$37.000.000 pagando un canon de 34 \$/tn al relleno sanitario de Ricardone, con opción de efectuar nuevos contratos con otras localidades del sur Rosarino con el mismo fin, tratando de llevar a cabo el plan de higiene ambiental propuesto por el Presidente de la Comisión de Ecología Pablo Javkin.

- Se autorizó a gestionar la compra de un inmueble dentro del ejido urbano para instalar otra planta de compostaje.

#### 1.4 Salud Pública

La Cartera Ambiental de Rosario hizo un macro y micro relevamiento en la ciudad de Rosario y encontraron 130 basurales a cielo abierto en lugares no habilitados: baldíos, cunetas o al costado de las vías. Están ubicados principalmente en la zona norte y oeste. Para dar un ejemplo en las vías del ferrocarril Mitre a la altura de calle Maciel hay 800 metros de basura de 10 metros de profundidad al costado del carril.

Todos estos basurales incontrolados, a cielo abierto o en el mejor de los casos los rellenos sanitarios diseñados y construidos sin contemplar las recomendaciones de los Organismos Internacionales que regulan sobre la materia, en especial cuando estos depósitos son emplazados en contacto o cercanía de cuencas hídricas comprometiendo la costa, es ni más ni menos la conformación de focos de contaminación porque drena los lixiviados a los acuíferos inutilizándolos para el riego y el consumo humano. Son el epicentro de la proliferación de roedores, moscas y alimañas transmisoras de graves

patologías de alto potencial de contagio. Este medio centenar de enfermedades son motivo de consulta permanente de atención primaria gratuita que sostiene la Asistencia Pública: dengue hemorrágico, cólera, brucelosis, carbunco, tifoidea, hepatitis, tétanos, tuberculosis, diarreas, parasitosis, miasis (infección que producen las larvas de las moscas cuando penetran en el cuero cabelludo), etc. En verano estas enfermedades se potencian afirmó Marcelo Terencio y dijo que el tratamiento integral de los RSU es una **problemática de primer orden ambiental**.

### 1.5 Aspectos Económico-Financieros

En Argentina donde el Gobierno es Federal a nivel de estado o provincia hay instituciones de asesoría, supervisión y control del manejo de los RSU.

Cuando los niveles provinciales no tienen esa capacidad, el Gobierno Central interviene en estas funciones.

- En lo que ha Rosario se refiere, la función administrativa y financiamiento están bajo el régimen municipal, pero las funciones normativas, de planificación, supervisión y de evaluación están a cargo de los ministerios del Medio Ambiente, de salud, de planificación, de desarrollo, etc. La Municipalidad que es un ente autónomo, está capacitada para hacer concesiones y controlar, total o parcialmente, el manejo de los RSU.

- Además de estas instituciones el sector privado actúa como contratista o concesionario del aseo urbano en forma total o parcial.

- Otros organismos formales que colaboran son las Universidades e Institutos de Formación y Capacitación de los recursos humanos.

- Los organismos informales son las cooperativas de reciclado, recolectores, comercializadores del material reciclable, son elementos importantes que deben ser tenidos en cuenta en la gestión de los RSU.

Este marco institucional funciona con restricciones debido a:

- a- Falta de definición real de los ámbitos de competencia.
- b- Carencia de sistemas de información y escaso intercambio de datos.
- c- Falta de identificación de los componentes y la cabeza del sector de RSU.
- d- Limitada capacidad para asumir sus funciones y responsabilidades.
- e- Falta de voluntad en la toma de decisiones y establecimiento de prioridades. Los diversos organismos que intervienen en el sector de Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente Humano, Ministerio de Salud Pública, Secretaría de Recursos Hídricos manejan información insuficiente en relación a sus propios requerimientos.
- f- Tampoco se menciona la Constitución Nacional, que dispone que los municipios sean los responsables de organizar los servicios públicos, como lo es el aseo urbano.

Aún no han identificado los beneficios que trae consigo el adecuado manejo de los RSU para la economía municipal.

Hasta el presente no es posible cuantificar económicamente los principales beneficios de un eficiente servicio de aseo urbano, ni los beneficios de la salud, la preservación del medio ambiente, el mejoramiento de la calidad de vida.

Las evaluaciones sobre beneficios económicos se reducen a valorizar el material recuperado y reciclado, a la venta de compost y otros beneficios secundarios. Por la ausencia de información estadística, Rosario no tiene análisis económicos sobre residuos sólidos urbanos.

### 1.6 Financiación de obras

Los mayores recursos financieros provienen de los propios municipios, organismos responsables del manejo de los residuos sólidos urbanos.

#### 1.6.1 Recursos financieros a nivel nacional

Es fácilmente comprensible cuando se observan los pequeños o inexistentes presupuestos para tales actividades; la carencia de registros y estadísticas que reflejen la calidad del desempeño; la realidad de los costos y el nivel de eficiencia financiera; la ausencia de políticas económico-financieras; la falta de



conceptos tarifarios y de comercialización del servicio; la ausencia del usuario en la operación y administración del servicio, y consecuentemente, la falta de control.

Los recursos nacionales y municipales están destinados a financiar inversiones, al pago de gastos corrientes y al pago de contratistas del sector privado por prestación de servicios de aseo urbano. En general son limitados y sólo cubren los costos operativos, por lo que queda muy poco para las inversiones en instalaciones y equipo.

#### 1.6.2 Inversiones en el sector

Hasta el presente, el monto de las inversiones en el sector de residuos sólidos por parte de las administraciones públicas nacionales, regionales y municipales no ha sido significativo porque la prioridad del servicio de aseo urbano no se reconoce debidamente. Generalmente es un componente menor de los proyectos de saneamiento básico y otras veces es el "furgón de cola" de proyectos de desarrollo urbano.

### 1.7 Pasos a seguir para una eficiente gestión de los RSU

- 1- Esta plantea que en materia de gestión de RD la **prevención** de su generación sería la opción preferible, pero que una vez generados estuviese orientada a aprovechar el máximo de recursos – materiales y energía- contenidos en los mismos.
- 2- La **valorización** de los residuos vía reciclaje de materiales en origen (separación domiciliaria).  
En estos últimos 15 años se incrementó al máximo los índices de reciclado manual, motivado por la cantidad enorme de desocupados que buscan un ingreso económico hasta llegar a cifras que alcanzan al 44% de los RD antes de ser recogidos.
- 3- **Compostaje** de la materia orgánica biodegradable (poda de árboles, de jardín, etc., solamente), para la obtención de biogás y abono orgánico.
- 4- **La fracción del 56% de los RSU restantes se eliminarán mediante la incineración con recuperación de energía**, utilizándose para producir **energía eléctrica** mediante el vapor.

Los RSU objeto de este proyecto están constituidos por residuos domiciliarios, comerciales e institucionales, **recogidos directamente** por los camiones, **sin sufrir ningún proceso posterior de clasificación, separación o tratamiento de reciclaje o valorización**, ya que la recogida de vidrio, del papel, cartón y metálicos ya ha sido efectuada anteriormente por medio del cirujero.

Por lo tanto la fracción-resto no reciclable será la que se **incinere**, cerrando el ciclo definitivamente y aprovechando el calor para producir vapor para generar -mediante un turboalternador- **energía eléctrica**, empleando las tecnologías modernas usadas en Europa y Asia, cumpliendo con las Normas de la Unión Europea en la materia.

Estos equipos poseen precipitadores electrostáticos y filtros húmedos (sale vapor de agua por la chimenea de más de 40 mts. de altura, no humo), sistema catalítico y pone como límite 0,1 de equivalentes tóxicos por metro cúbico normal del aire.

Disponen de sistemas de recuperación de partículas, por lo tanto la emisión de metales es baja, además tiene sistema para depurar y eliminar los gases como CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HCl y disponen de sistemas que evitan la emisión de dioxinas. La normativa de la UE exigen equipos que las eliminan.

Conviene señalar que las críticas que se han hecho y continúan haciéndose a la incineración de residuos tenían su justificación en las instalaciones que funcionaron hasta finales de los años 90 pero a partir de ese momento en la UE por la adopción de límites estrictos de emisión a la atmósfera, han perdido su razón de ser.

El gran fantasma agitado por los que se oponen a esta solución innegablemente eficaz es el constituido por las dioxinas, y furanos residuales. Estos cuerpos químicos se producen al **quemar a baja temperatura** (como se produce en los basurales) productos que contienen cloro: por ejemplo el papel o el plástico.

Datos ilustrativos de incineradoras en Europa y Asia: Para tener una idea del grado de uso de esta tecnología en el mundo, se puede decir que entre 25 y 30% de los residuos urbanos de todos los países de la CEE se tratan por este medio, existiendo una gran variación que va desde países como Suecia con 80% a España con el 5%.

En la CEE funcionan aproximadamente unos 700 incineradores.

Japón posee cerca de 2000 plantas incineradoras, con un 75% de sus residuos tratados por esta tecnología.

### 1.8 Sostenibilidad

- Prevenir la producción de residuos es la máxima prioridad.
- Los residuos deben reciclarse ya que es: a) económicamente ventajoso.  
b) técnicamente factible.  
c) ecológicamente razonable.
- Los residuos que quedan se incineran cuidando la ecología:
  - El tratamiento térmico reduce el volumen final de residuo un 96,5%.
  - Utilizando el contenido calorífico de los residuos se produce **energía eléctrica**, dando impulso así a las **energías renovables**.
  - La incineración con recuperación de energía se transforma en un hito económico y cultural contribuyendo a la protección integral del medio ambiente.

Con esta gestión y tratamiento de los RSU lograríamos:

- 1°) Protección del medioambiente.
- 2°) Mejorar la salud pública.
- 3°) Reducción de la contaminación general.
- 4°) Protección de los recursos naturales.
- 5°) Uso de energía renovable.
- 6°) Uso de la nueva tecnología.
- 7°) Evitar arruinar cientos de hectáreas destinadas a depósitos de residuos.
- 8°) Ahorro de combustible (gas oil, carbón, gas, etc.) que de no realizarse la valorización energética debe utilizarse para producir esa energía.

En suma, las basuras suponen un problema mayúsculo en todo Rosario. Tenemos dos vías de trabajo para reconducir la situación, complementarias ambas y urgentes: **reducir** la cuantía de residuos y sustituir urgentemente los **rellenos sanitarios** por plantas de **incineración con recuperación de energía**.

Solo así estaremos enfocando correctamente el problema.

