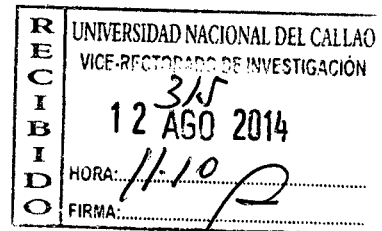
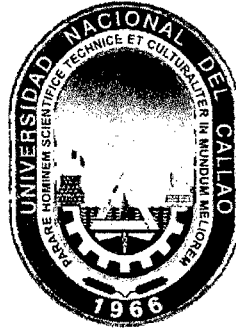
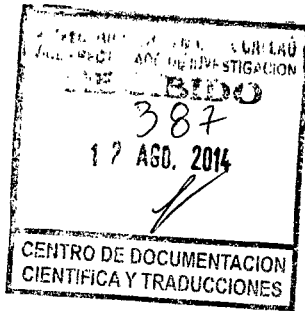


Man  
1119  
04-08-2014  
1400L  
320

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**INFORME FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“APLICACIÓN DE LA COMBUSTIÓN CONTROLADA COMO  
UNA FORMA DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA DE LOS  
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL DISTRITO DE SAN  
JUAN DE LURIGANCHO”**

**AUTOR: ING. CARMEN GILDA AVELINO CARHUARICRA**

**DEL 01 DE SETIEMBRE DEL 2013 AL 31 DE AGOSTO DEL 2014**

**RESOLUCIÓN RECTORAL N° 829-2013-R DEL 23-09-2013**

**CALLAO, 2014**

<b>ÍNDICE</b>	<b>Pág.</b>
<b>RESUMEN</b>	7
<b>ABSTRACT</b>	8
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	9
1.1 Presentación del Problema de Investigación	9
1.2 Enunciado del Problema de Investigación	10
1.3 Objetivos de la Investigación	10
1.4 Importancia y Justificación de la Investigación	11
1.5 Enunciado de la Hipótesis	12
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	13
2.1 Antecedentes del estudio	13
2.2 Residuos sólidos	14
2.3 Selección de Residuos Sólidos Urbanos	14
2.3.1 Pre-recogida de los residuos	14
2.3.2 Tipos de recogida	15
2.3.2.1 Recogida en acera	15
2.3.2.2 Recogida neumática	15
2.3.2.3 Recogida selectiva	15
2.4 Combustión Controlada (Incineración)	16
2.5 Tipos de horno	17
2.5.1 Horno de parrilla	17
2.5.2 Horno de lecho fluido	18

2.5.3 Horno rotativo	19
2.6 Funcionamiento de una incineradora	20
2.6.1 Área de combustión	21
2.6.2 Circuito de humos y vapor	22
2.6.3 Sistema de recogida, extracción y val. de escorias	23
2.6.4 Sistema de recogida, extracción y val. de cenizas	24
2.6.5 Sistema de depuración y evacuación de gases	24
2.6.6 Lavados mediante scrubber	26
2.7 Valorización energética	28
2.8 Recuperación de energía	29
2.8.1 Producción de electricidad	30
2.8.2 Producción de vapor	30
2.9 Factores que influyen en la recuperación de energía	31
2.10 Evaluación de localización de la planta de incineración	32
2.10.1 Reconocimiento ambiental y territorial	33
2.11 Marco normativo de la Incineración	34
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>38</b>
3.1 Materiales	38
3.2 Equipos	38
3.3 Métodos	39
3.3.1 Obtención de muestras	40
3.3.2 Estaciones de recojo selectivo de RSU	41
3.3.3 Técnicas utilizadas para la recopilación de datos	41



3.3.4 Selección de las zonas de localización	41
3.3.5 Descripción de la planta de Incineración	42
3.3.6 Método estadístico para el tratamiento de datos	43
<b>IV. RESULTADOS</b>	<b>44</b>
4.1 Composición de los RSU	44
4.2 Características técnicas de la planta	44
4.3 Composición de combustible derivado del residuo RDF	46
4.4 Composición química de cenizas, escorias de incineración	47
4.5 Viabilidad económica	48
4.6 Viabilidad ambiental	49
<b>V. DISCUSIÓN</b>	<b>50</b>
5.1 Conclusiones	52
5.2 Recomendaciones	54
<b>VI. REFERENCIALES</b>	<b>55</b>
<b>VII. APÉNDICE</b>	<b>57</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>63</b>



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Métodos para determinar análisis químicos	40
Tabla 2	Lixiviación inorgánica TLCEPA	40
Tabla 3	Composición de RSU	44
Tabla 4	Características de la planta de incineración	44
Tabla 5	Características del horno	45
Tabla 6	Características del aire de combustión	45
Tabla 7	Características del pre-calentador de aire	45
Tabla 8	Características de recalentador de aire por humos	45
Tabla 9	Características de la caldera	46
Tabla 10	Características del depurador de humos	46
Tabla 11	Composición del combustible derivado del RDF	46
Tabla 12	Composición porcentual y el PCI de los materiales RDF	47
Tabla 13	Composición química de las cenizas	47
Tabla 14	Composición química de las escorias	48
Tabla 15	Viabilidad económica	48



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Recogida selectiva	16
Figura 2	Horno de parrilla móvil	18
Figura 3	Horno de lecho fluido	19
Figura 4	Esquema general de un rotativo	20
Figura 5	Clasificación previa de los RSU	20
Figura 6	Temperatura en el área de combustión	21
Figura 7	Planta de incineración con recuperación de energía	23
Figura 8	Diferentes tipologías de parrilla y salida de las escorias	24
Figura 9	Etapas de incineración	27
Figura 10	Sistema de una planta de incineración de RSU	28
Figura 11	Proceso de valorización de las fracciones residuales	29
Figura 12	Planta de incineración con fases de recuperación de energía	31

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se ha realizado con el propósito de aplicar la combustión controlada como una forma de valorización energética de los residuos sólidos urbanos en el distrito de San Juan de Lurigancho, su importancia radica en que las plantas de combustión controlada es un complemento de otros sistemas de tratamiento (reciclaje, compostaje, vertedero controlado), estando dentro de los Sistemas de Gestión Integral de los Residuos.

Se procedió a tomar muestras en 12 estaciones de recojo de RSU. Se aplicaron los métodos descritos en la Guía de valorización energética de residuos, de la Dirección General de Industria Energía y Minas. Comunidad de Madrid, 2010.

Para la caracterización mineralógica de las cenizas se empleó difracción de rayos X, en un difractómetro SIEMENS D5000, mientras que para la caracterización química se realizó mediante análisis elemental por Espectrofotometría de Absorción atómica.

Para la localización de la zona de la planta incineradora, se tomó en cuenta criterios de compatibilidad ambiental, como los núcleos urbanos, los espacios protegidos, zonas de cultivo, especialmente en lo referente a las concentraciones de contaminantes en el aire.

De los resultados se concluye que la energía obtenida a partir de los volúmenes de los RSU y el sistema de incineración de los residuos son factibles ya que cumplen con la normatividad de los estándares de calidad del aire por su control continuo de emisión de los contaminantes a la atmósfera.



## **ABSTRACT**

This research has been carried out with the purpose of applying controlled combustion as a way of energy recovery of solid urban waste in San Juan de Lurigancho district, its importance lies in the fact that controlled combustion plants are an adjunct to other treatment systems (recycling, composting and controlled dumping), being within the Comprehensive Waste Management Systems.

Samples were taken in 12 Urban Solid Waste collecting stations. The applied methods are described in the energy recovery Handbook of the Directorate General of Industry, Energy and Mines, Madrid Community, 2010.

X-ray diffraction using a SIEMENS D5000 diffractometer was carried out for the mineralogical characterisation of the ashes, while Atomic Absorption Spectrophotometry Elemental Analysis was used for the chemical characterisation. For the incineration plant location, environmental compatibility criteria such as urban centres, protected areas and growing areas were considered, especially those in relation to the concentration of air pollutants.

Based on the results, it has been concluded that the energy obtained from the Urban Solid Waste volumes and waste incineration system is feasible since they meet the air quality standards due to its permanent atmospheric contaminants emission monitoring.

**Keywords:** Urban soil, incineration, energy recovery, combustion





# I. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Presentación del problema de investigación

A medida que el hombre ha ido evolucionando y progresando, las necesidades energéticas y la presión sobre el medio ambiente han aumentado paulatinamente, produciéndose al mismo tiempo un aumento en la generación de residuos.

Este incremento ha provocado en muchos casos una ruptura del equilibrio entre la biosfera del planeta y las actividades humanas. En la segunda mitad de siglo XX comenzaron a experimentarse las grandes concentraciones urbanas, los usos consumistas, la incorporación de elementos difícilmente reutilizables, la generación de desechos a partir de las actividades industriales, sanitarias, comerciales, etc., para los que no se había previsto un mecanismo de reciclado, eliminación o transformación diferente al vertido. Siendo la combustión controlada conocida también como incineración un proceso que finaliza al transformarse la fracción combustible de los residuos sólidos urbanos en materiales inertes y gases, viene a ser una alternativa idónea para resolver el problema de los residuos domiciliarios, se plantea su aplicación como forma de valorización energética de los residuos sólidos urbanos en el distrito de San Juan de Lurigancho.



## **1.2 Enunciado del Problema**

### **General**

¿Cómo se valoriza energéticamente los residuos sólidos urbanos en el distrito de SJL?

### **Específicos**

¿Cómo se determina las condiciones para la combustión controlada?

¿Cómo se clasifican los residuos sólidos urbanos para la combustión controlada?

## **1.3 Objetivos de la Investigación**

### **General**

Aplicar la combustión controlada como una forma de valorización energética de los residuos sólidos urbanos en el distrito de San Juan de Lurigancho

### **Específicos**

- a. Determinar las condiciones para la combustión controlada
- b. Clasificar los residuos sólidos urbanos para la combustión controlada.

### **Alcance de la Investigación**

El presente trabajo de investigación se encuentra ubicado: en el área de medio ambiente, sistema integral de residuos.

Es una investigación básica, cuantitativa y experimental porque propone determinar la combustión controlada como un método idóneo para resolver el problema de volumen de los residuos sólidos urbanos vertidos incontroladamente, reducción del peso y volumen de los RSU, eliminando prácticamente toda la materia degradable de una forma higiénica y controlada.

La gestión de estos residuos de origen doméstico que se generan en las ciudades es competencia municipal, por lo tanto, ayudará a la municipalidad del distrito de San Juan de Lurigancho a la toma de decisiones en materia RSU.

El sector que se verá beneficiado con esta investigación serán los habitantes del distrito de San Juan de Lurigancho.

#### **1.4 Importancia y Justificación de la Investigación**

El presente trabajo de investigación se justifica desde el punto de vista tecnológico, los sistemas empleados en los procesos de combustión controlada de los residuos sólidos urbanos están totalmente probados dentro de los sistemas de Gestión Integral de los Residuos, ya que las plantas de combustión controlada es un complemento de otros sistemas de tratamiento (reciclaje, compostaje, vertedero controlado).

Al mismo tiempo, la producción de energía eléctrica o térmica mediante la combustión controlada de los residuos sólidos urbanos no es nada despreciable, contribuyendo al abastecimiento y diversificación energética: una familia media

produce basuras suficientes para generar hasta un 20% de su consumo eléctrico anual (Muruais, 2006).

Además las escorias procedentes de la combustión pueden ser utilizadas como sub-base en la construcción de carreteras, una vez clasificadas granulométricamente.

## **1.5 Enunciado de la Hipótesis**

### **General**

La aplicación de la combustión controlada es una forma adecuada para la valorización energética de los residuos sólidos urbanos en el distrito de San Juan de Lurigancho

### **Específica**

- a. Las condiciones para la combustión controlada son los procesos térmicos, físicos y químicos que disminuyen los gases emitidos a la atmósfera.
- b. Los residuos sólidos urbanos para la combustión controlada se clasifican de acuerdo a los valores del índice del poder calorífico de los materiales.

Variables:

variable independiente = combustión de los RSU

variable dependiente = valorización energética

## **II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Antecedentes del estudio**

En el pasado, los residuos eran considerados como un único material para el cual se podía encontrar una única solución de tratamiento, el vertido. Hoy en día se tiende a considerar a los residuos separadamente en sus componentes, cada uno de los cuales necesita una recogida selectiva, un transporte, un tratamiento y destino final separado. (Villena, 2006)

La combustión controlada tecnología conocida, probada y aprobada en todos los países europeos y del primer mundo, desde los años 90. Se usa en el mundo a partir de 100 ton/día de residuos.

Prácticamente todas las plantas en funcionamiento de generación de vapor y/o

energía eléctrica a partir de RSU en el mundo es por incineración (a excepción de una planta de 240 ton/día en el sur de Alemania (Burgau), que trabaja con pirólisis desde 1986, hoy está fuera de servicio por la caída de su chimenea en un accidente mecánico. (Funiber: Valorización de RSU, 2008).

Se realizó estudios encargados a Environmental Resources Limited, para la Construcción de una incineradora y su aplicación en Hespian Wood, Gran Bretaña., donde se resaltó la solución de un gran volumen de los RSU por la incineración.

Otro estudio realizado por la Agencia Nacional de Protección del Medio Ambiente de Suecia y Agencia Federal Alemana, señala que los procesos de combustión adecuadamente controlados, en los que los gases emitidos han experimentado un riguroso tratamiento que los ha convertido en inertes o reducido su potencial contaminante a valores muy inferiores a los que existen en la atmósfera y en el aire que respiramos. Por otra parte, la Asociación Española en Valorización Energética de RSU, AEVERSU 2010, señala que la incineración es viable económicamente y ambientalmente.

## **2.2 Residuos sólidos**

Residuos Sólidos Urbanos (RSU), que se generan en espacios urbanizados como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, hospitales, oficinas, mercados, etc.) y tráfico diario:(papeleras y residuos varios de pequeño y gran tamaño (Elías, 2000).

## **2.3 Selección de Residuos Sólidos Urbanos**

**Los tipos de recogida se dan de acuerdo a:**

### **2.3.1 Pre-recogida de los residuos (separación en origen)**

Existen dos tipos de pre-recogida: sin selección y con selección. La pre-recogida sin selección consiste en no seleccionar previamente en los domicilios (a través de la población) los residuos a depositar en los contenedores de basura; los residuos generados se vierten conjuntamente en un mismo contenedor.

La pre-recogida con selección, también llamada separación en origen, consiste en la separación de las diferentes fracciones de residuos valorizables en diferentes recipientes en las viviendas, en el mismo momento y lugar en el que se generan, con la finalidad de facilitar la recogida y valorización posterior.

### **2.3.2 Tipos de recogida**

#### **2.3.2.1 Recogida en acera**

Se refiere a la recogida clásica en la que el ciudadano es el encargado de bajar el residuo a los contenedores que se encuentran en las aceras. Periódicamente, los operarios del servicio de recogida se encargan de vaciar por medios mecánicos dichos contenedores en los camiones. Esta modalidad suele efectuarse por la noche.

#### **2.3.2.2 Recogida neumática**

Los sistemas de recogida neumáticos (que fueron iniciados en Suecia en el año 1964) transportan los residuos mediante aspiración, desde los puntos de producción u origen a través de cañerías subterráneas, hasta los silos de almacenamiento y transferencia.

#### **2.3.2.3 Recogida selectiva**

Esta modalidad se encuentra muy arraigada en los países desarrollados. Consiste en la separación en origen es decir, en los propios domicilios de los residuos según sea su tipología, y su introducción en los respectivos contenedores. Dichos contenedores se encuentran debidamente señalizados y estratégicamente situados para facilitar la tarea al ciudadano. En ellos se recoge

el vidrio, latas o envases metálicos, papel y cartón, materia orgánica, medicamentos, pilas, entre otros.

<b>ÁREA DE APORTACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cristal</li> <li>- Papel-cartón</li> <li>- Metales</li> <li>- Envases de plástico</li> <li>- Ropa</li> </ul> <p style="text-align: right;">} Reciclaje</p>
<b>ACERA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Materia orgánica → Planta compostaje → Compost</li> <li>- Rechazo → Vertedero             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Incineradora → Producción de energía</li> <li>→ Escorias y cenizas → Vertedero</li> </ul> </li> </ul>
<b>RECOGIDA A PUERTA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voluminosos → Vertedero             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Recuperador</li> </ul> </li> <li>- Ropa → Reutilización o Reciclaje</li> </ul>
<b>CENTRO DE RECOGIDA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voluminosos → Vertedero o Recuperador</li> <li>- Papel</li> <li>- Papel-cartón</li> <li>- Cristal</li> <li>- Metales</li> <li>- Plásticos</li> <li>- Hierros</li> <li>- Derribo de pequeñas obras (&lt;400 kg)</li> <li>- Restos de poda</li> <li>- Residuos municipales especiales:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Baterías de coche → Recuperador de plomo, PVC, ...</li> <li>- Aceite vegetal → Tratamiento → Valorización</li> <li>- Aceite mineral → Tratamiento → Regeneración</li> <li>- Pintura y barniz → Inertización → Vertedero</li> <li>- Residuos ácidos-básicos → Tratamiento → Vertedero</li> <li>- Pesticidas → Tratamiento → Vertedero</li> <li>- Pilas</li> <li>- Fluorescentes → Recuperador mercurio, cristal, casquetes</li> <li>→ Resto de material → Inertizador → Vertedero</li> <li>- Cartuchos de fotocopiadoras → Reutilización</li> <li>- Envases sucios → Lavador → Reutilización</li> </ul> </li> </ul> <p style="text-align: right;">} Reciclaje</p>
<b>COMERCIOS Y LOCALES</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pilas → Recuperador de metales pesados             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Resto de material → Inertizador → Vertedero</li> </ul> </li> </ul>
<b>FARMACIAS</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medicamentos → Aprovechamiento             <ul style="list-style-type: none"> <li>→ Inertizador</li> <li>→ Incineradora (otostáticos)</li> </ul> </li> </ul>

Figura 1: Recogida selectiva  
Fuente: Área Metropolitana de Barcelona. Entitat del MediAmbient.2005.

## 2.4 Combustión controlada (Incineración)

Se realiza en hornos apropiados con oxidación de la biomasa y/o RSU por el oxígeno del aire, obteniendo cuando es completa, dióxido de carbono, agua y



sales minerales (cenizas). Se generan gases calientes en la combustión. Puede servir para calefacción doméstica e industrial y generación de energía.

La incineración consiste en la oxidación total de los residuos en exceso de aire y a temperaturas superiores a 850° C, según la normativa europea, con aprovechamiento o no de la energía producida en cuyo caso se habla de valorización energética. (Funiber: Guía de Valorización de RSU, 2008).

## **2.5 Tipos de hornos**

Dentro de los procesos de incineración de los residuos, se pueden diferenciar tres tipos de hornos: de parrilla, lecho fluido y rotativo.

### **2.5.1 Hornos de parrilla**

Se emplean normalmente en la incineración de RSU sin selección. El objetivo de las parrillas consiste en sostener el combustible y hacer avanzar las basuras y voltearlas en los hornos más perfeccionados. Suelen estar formadas por barrotes, cadenas, chapas con orificios, etc. Además, deben tener una serie de características que satisfagan las condiciones de combustión:

- Posibilitar el movimiento de los residuos dentro de la cámara de combustión.
- Facilitar la mezcla de los residuos.
- Optimizar la distribución del aire dentro de la cámara de combustión y favorecer la creación de turbulencias.

Existen distintos tipos de parrillas entre las que destacan:

- Parrillas de barras móviles o fijas.
- Parrillas de rodillos.
- Parrillas móviles mediante cintas.

Debido a la heterogeneidad de los RSU, es muy difícil llevar a cabo un proceso de combustión con el oxígeno estequiométricamente necesario para quemar de forma espontánea el residuo. Por ello, se debe recurrir a realizar la combustión con alimentación forzada de aire en exceso para que se produzca la reacción.

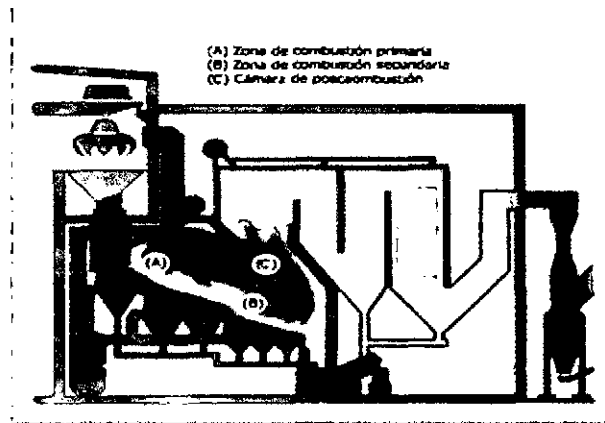


Figura 2: Horno de parrilla móvil.  
Fuente: Funiber, valorización energética de RSU, 2008

### 2.5.2 Horno de lecho fluido

Se emplea normalmente en la incineración de los RSU que han sido previamente seleccionados y procesados. La combustión se basa en la transmisión de calor que existe entre un material inerte (arena de sílice) y el combustible.

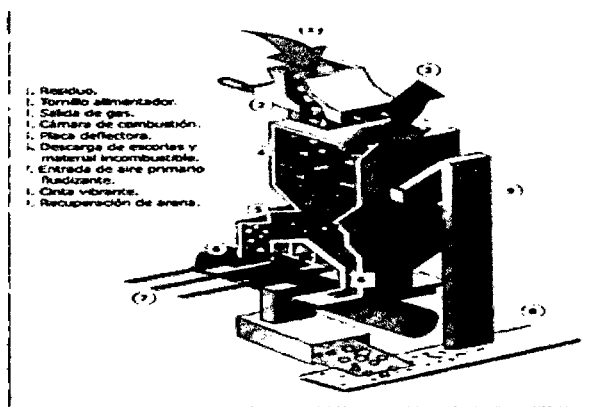


Figura 3: Horno de lecho fluido.  
 Fuente: Funiber, valorización energética de RSU, 2008

Cuando las toberas inyectan el aire, el lecho de arena se fluidiza, expandiendo su volumen hasta dos veces el volumen inicial de reposo. Con la ayuda de quemadores, que actúan como combustible auxiliar, se calienta la arena hasta la temperatura operacional, iniciándose en ese momento la carga de residuos. El RDF se incinera gracias a la transferencia de calor de la arena a las basuras. Este tipo de hornos permite paradas de hasta 24 horas sin necesidad de volver a calentarlo de nuevo, ya que el lecho de arena permanece caliente durante todo este tiempo.

### 2.5.3 Horno rotativo

Se emplea para la incineración de residuos muy heterogéneos. En ellos se puede variar la velocidad de rotación y el tiempo que el combustible permanece en la cámara de combustión, con lo que se controla la combustión de una forma muy eficiente.

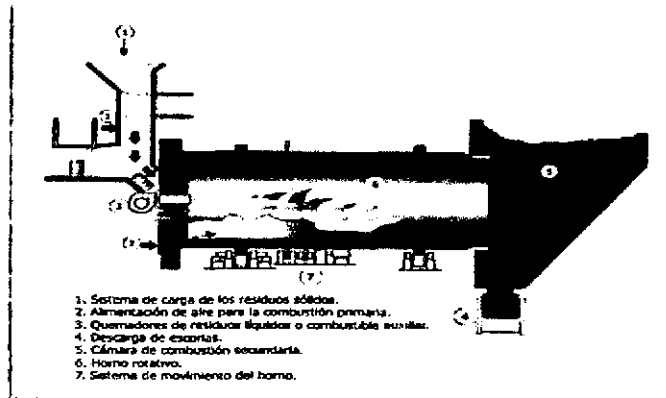


Figura 4: Esquema general de un horno rotativo.  
Fuente: Funiber, valorización energética de RSU, 2008

Debido a que son hornos que tienen que moverse, tienen limitado su tamaño. Por este motivo, su utilización se ha restringido a pequeñas plantas de incineración de residuos sólidos urbanos, muchas de ellas sin recuperación energética.

## 2.6 Funcionamiento de una incineradora

Antes de ingresar los residuos sólidos urbanos, a la etapa de la incineración es:

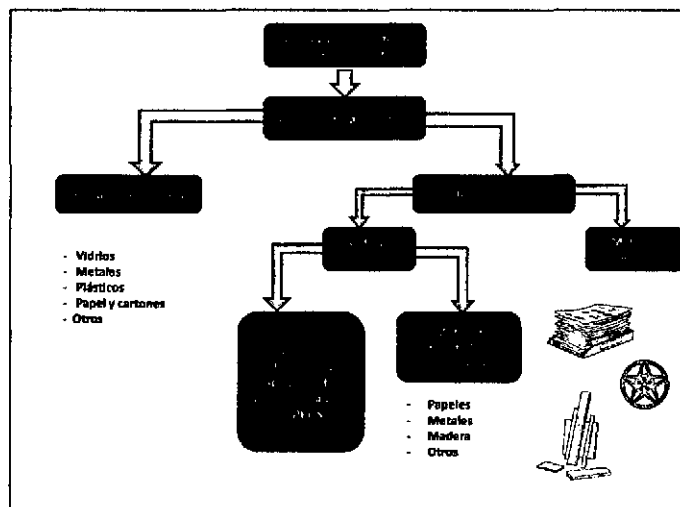


Figura 5: Clasificación previa de los RSU.  
Fuente: autoría propia, CGAC

### 2.6.1 Área de combustión

El horno es la instalación utilizada para que se pongan en contacto el combustible y el comburente para que se lleve a cabo la reacción exotérmica. Está compuesto por un dispositivo para mantener el suministro constante de aire, un procedimiento para hacer llegar el combustible al lugar de incineración (que al mismo tiempo lo mezcla con el aire en la proporción necesaria para que la combustión sea completa) y una cámara de combustión; ésta posibilita la mezcla de aire secundario introducido por encima de la parrilla con los gases imperfectamente quemados, garantiza el pre secado de los residuos frescos introducidos y debe poseer una inercia térmica suficiente para la buena combustión de los gases.

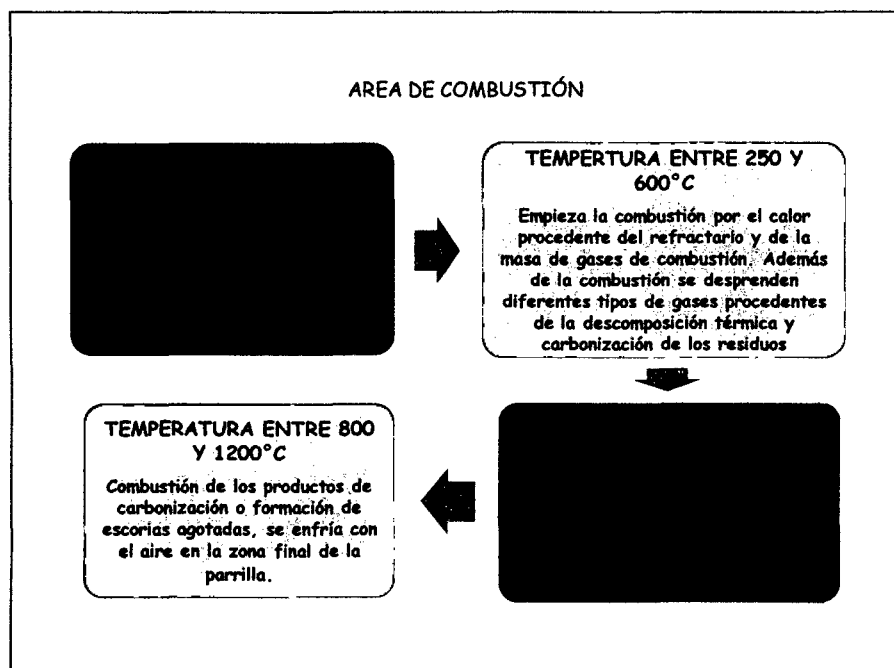


Figura 6: Temperaturas en el área de combustión  
Fuente: Autoría propia, CGAC

Los hornos de incineración deberán cumplir una serie de requisitos y condiciones:

- Adaptables a la heterogeneidad de los RSU.
- Tener una buena distribución del aire de combustión.
- Fiables en el mecanismo de extracción de escorias.
- Cumplir estrictamente la normativa vigente, especialmente en lo que se refiere a mantener una temperatura mínima de 850 °C durante, al menos, dos segundos, en presencia de un 6% de oxígeno, como mínimo.

### **2.6.2 Circuito de humos y vapor**

Los gases calientes procedentes de la cámara de combustión se llevaron a cabo en una cámara de postcombustión. En dicha cámara los gases alcanzan 800 °C. Luego, ingresa a un pre calentador que tiene la misión de calentar gracias a los propios humos calientes.

Los humos todavía calientes, ceden el calor al agua de la caldera de recuperación produciendo de esta manera vapor, que puede ser utilizado para accionar una turbina y producir electricidad o bien calor.

El vapor producido en esta fase depende de la humedad, del contenido de materiales y del poder calorífico del combustible.

Los gases deben salir por la chimenea a una temperatura de alrededor de los 100 °C.

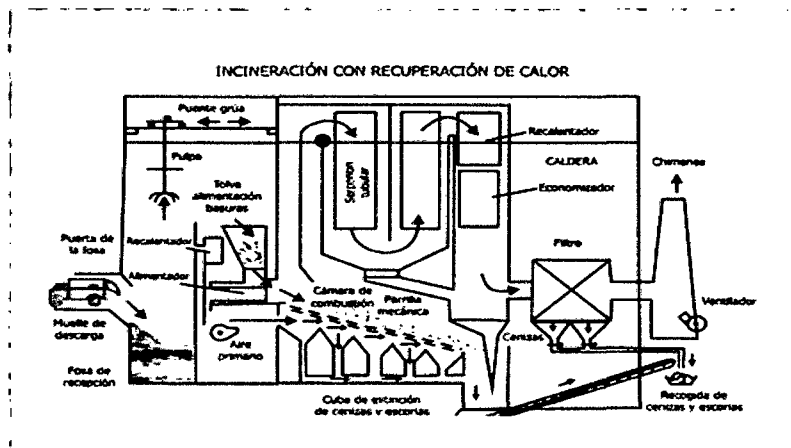


Figura 7: Planta de incineración de residuos con recuperación de calor.  
Fuente: Funiber, valorización energética de RSU, 2008

### 2.6.3 Sistema de recogida, extracción y valorización de escorias

La escoria es un material fundamentalmente alcalino, constituido por mayoritariamente por óxidos de silicio, calcio, sodio, aluminio, hierro y potasio.

Las escorias que proceden de los hornos de parrilla se caracterizan por tener una carga orgánica importante.

En la parte inferior de las parrillas quedan las escorias, que deben extraerse previo enfriamiento. El sistema extractor suele componerse de una tolva o pozo de escorias que las recoge y coloca en un canal de descarga anegado de agua y que hace la función de cierre hidráulico. En su fondo existe un mecanismo de arrastre que las conduce al exterior.

Las escorias se pueden valorizar de formas diferentes en función de su generación, tamaño de partícula y grado de enfriamiento. Su ceramización no es complicada, pudiendo servir como árido para la formación de hormigones, materia prima para la fabricación de clínquer, lana mineral, morteros, etc.

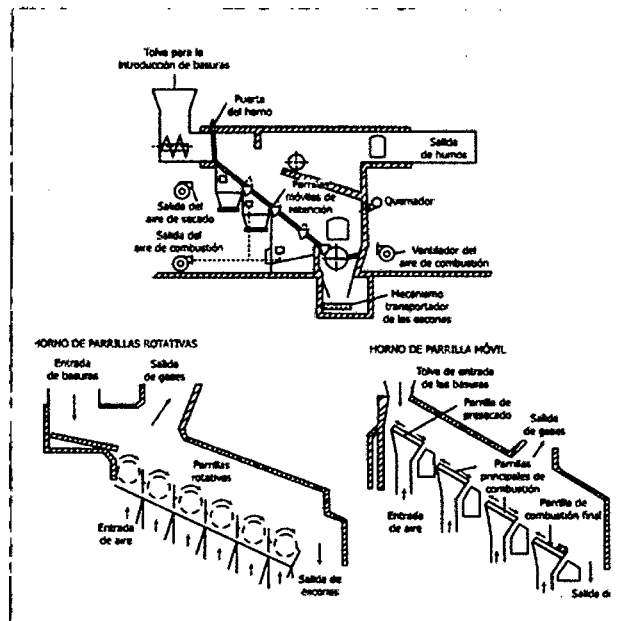


Figura 8: Diferentes tipologías de parrilla y salida de las escorias.  
Fuente: Funiber, valorización energética de RSU, 2008

#### 2.6.4 Sistema de recogida, extracción y valorización de cenizas

Las cenizas volantes de las plantas incineradoras de RSU son residuos tóxicos y peligrosos, ya que se recogen en el electrofiltro y junto a ellas aparecen casi todos los metales pesados generados en la incineración de RSU. Además, contienen sales solubles, lo que complica la situación frente a la lixiviación que sufrirían en un vertedero controlado sin tratamiento previo. Es por ello que algunos países ya han prohibido su vertido en cualquier tipo de vertedero y obligan a su vitrificación como única forma segura de inertizar.

#### 2.6.5 Sistema de depuración y evacuación de gases

La planta incineradora tiene un sistema de depuración y evacuación de los gases producidos durante la incineración, para reducir el polvo que contienen antes de su salida a la atmósfera.



De los gases generados en este proceso, los compuestos organoclorados de la familia de los dióxidos y furanos son los que poseen un mayor poder contaminante, ya que son compuestos químicos tóxicos y bioacumulativos. No obstante, también tienen especial relevancia otros gases producidos en estos procesos, como el monóxido de carbono, las partículas en suspensión de metales pesados, sustancias acidulantes e hidrocarburos policíclicos clorados.

Los sistemas de depuración comienzan en una cámara de enfriamiento cuyo papel es enfriar los gases, suele utilizarse para este fin el aire o agua pulverizada.

Se tienen las instalaciones de separación de polvo de los gases de combustión.

Los dispositivos más utilizados para depurar los humos son:

- **Ciclones:** se trata de un aparato cilíndrico en el que se obliga a los humos a describir una trayectoria helicoidal, que permite la separación de las partículas en suspensión, gracias a la acción de la fuerza centrífuga. El polvo sale proyectado a través de sus paredes y cae al fondo del mismo. Un multiciclón está compuesto por varios ciclones, ya sea en serie o en paralelo.
- **Filtros de mangas:** el polvo se queda atrapado sobre unas fibras textiles o sintéticas, siendo expulsado posteriormente. El inconveniente es que su vida útil es muy corta.

- **Electrofiltros:** es el sistema más moderno y de mayor rendimiento, a pesar de que posee un elevado coste. Se basa en hacer pasar el humo por un campo eléctrico; las partículas en suspensión son atraídas y recogidas posteriormente.

Una vez depuradas las partículas sólidas de los gases, existen sistemas de depuración de las emisiones gaseosas mediante efluentes líquidos (*scrubbers*).

A la salida de estas instalaciones, los gases tienen que tener un contenido en polvo inferior al que dicta la legislación vigente.

La chimenea es el último dispositivo del circuito de humos. Tiene dos funciones fundamentales:

- La evacuación de los gases de combustión.
- Permitir la dispersión de estos gases en la atmósfera a una altura tal que la caída de polvo no captado se haga sobre una zona suficientemente extensa. De este modo, puede conseguirse que la presencia de gases polucionantes a nivel del suelo se sitúe dentro de los límites aceptables.
- Mientras que la captación de HCl y HF es buena, la de otros gases como el SO<sub>2</sub> o metales pesados en estado gaseoso, deja bastante que desear.

#### **2.6.6 Lavado mediante scrubber o sistema húmedo**

Se basa en poner en contacto el gas con soluciones acuosas de reactivos básicos (sosa cáustica o cal apagada u otros), aunque también pueden utilizarse disoluciones ácidas con neutralización externa, en torres de reacción.

El contacto entre el gas y el líquido es relativamente sencillo de establecer y controlar: el agua disuelve los contaminantes o los capta con facilidad y las reacciones tienen lugar con rapidez y con rendimientos muy altos.

Existe un gran número de variantes en el proceso húmedo, entre las que destacan: el proceso húmedo con secador de sales y el proceso húmedo con depuración de aguas. En la primera modalidad, se utilizan secadores que acumulan los productos de la reacción en forma de sales en el fondo del secador. Por otro lado, en la segunda alternativa, los contaminantes de los humos se recogen en agua que, posteriormente, deberá ser depurada.

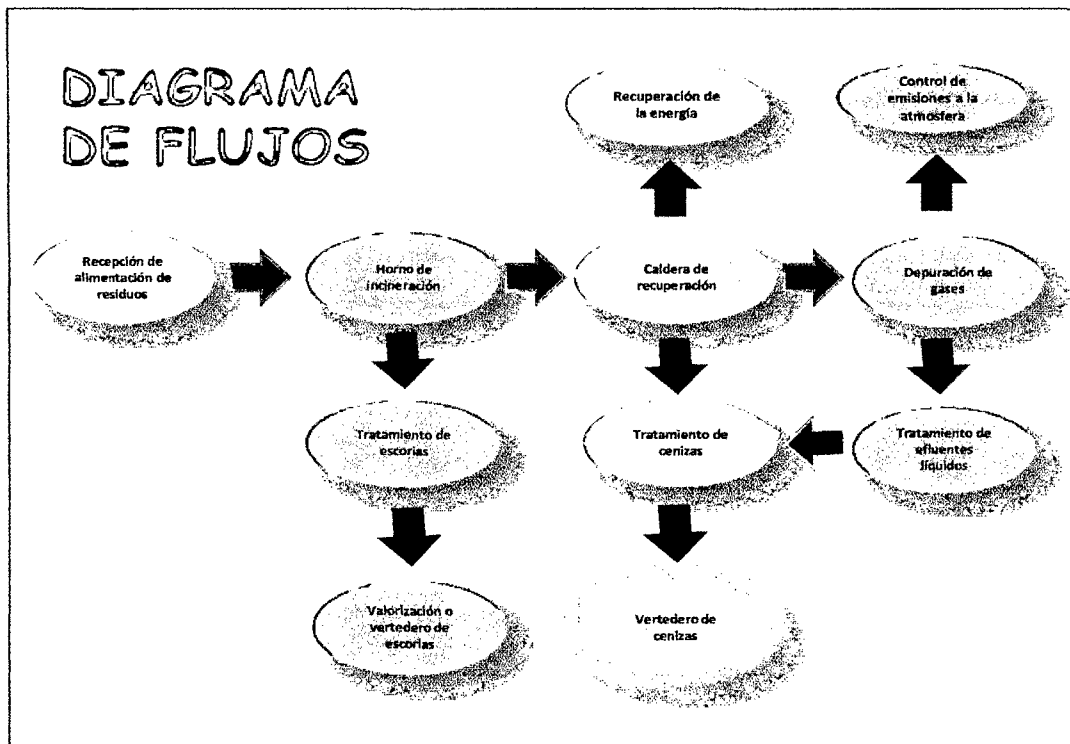


Figura 9: Etapas de incineración  
Fuente: Autoría propia, CGAC.

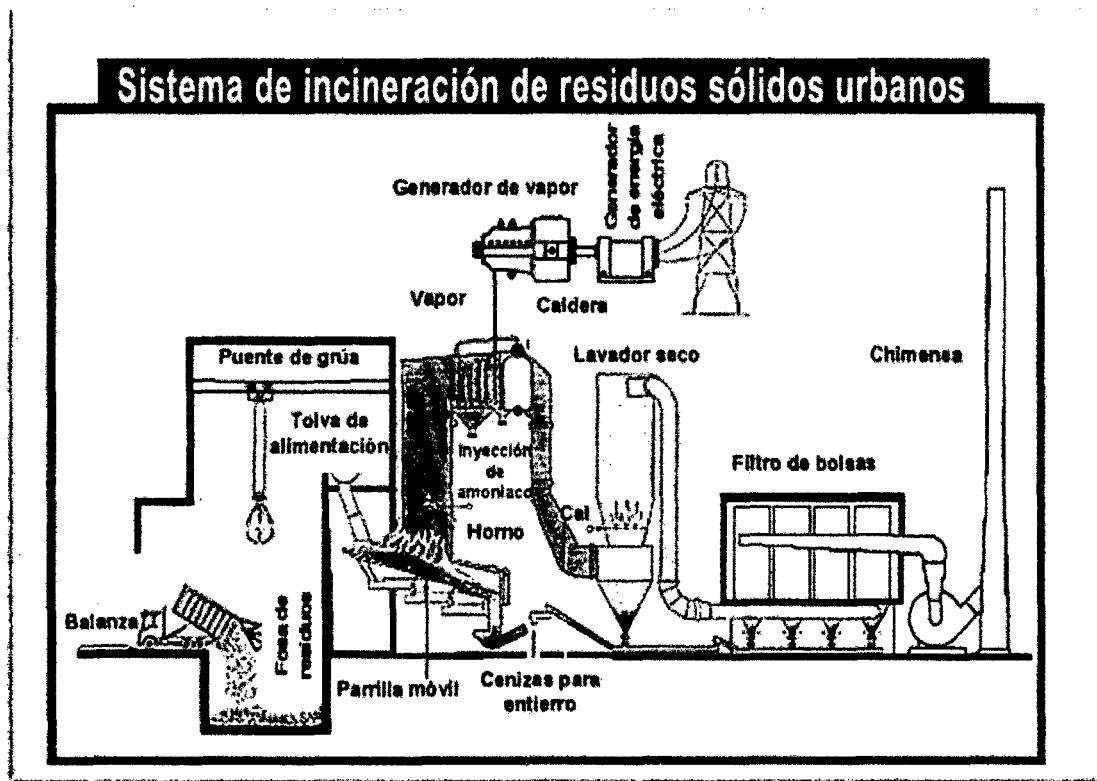


Figura 10: Sistema de una planta de incineración  
Fuente: Funiber, valorización energética de RSU, 2008.

## 2.7 Valorización energética

La valorización energética consiste en aprovechar el poder calorífico de los residuos, siempre y cuando sea asimilable al de un combustible y el balance ambiental sea favorable.

Por otro lado, la valorización energética implica la obtención de energía utilizando, en lugar de un combustible convencional, los residuos combustibles.

Por ejemplo, el combustible derivado de los rechazos plásticos puede ser utilizado en altos hornos, cementeras y centrales térmicas.

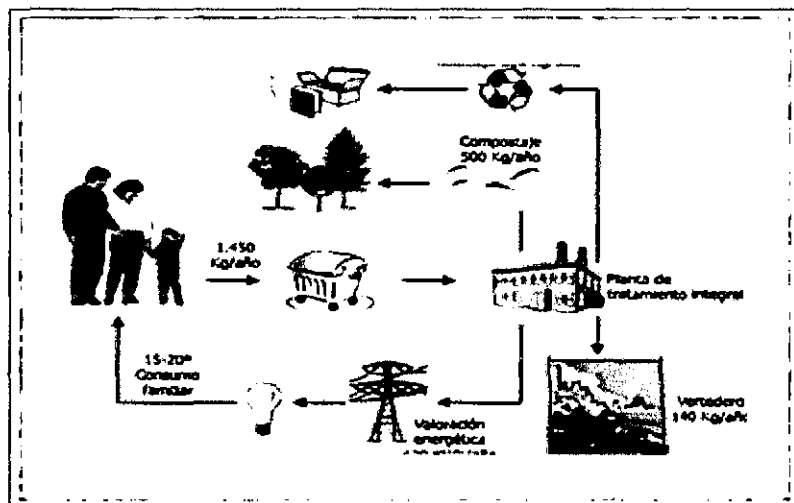


Figura 11: Proceso y valorización de las diferentes fracciones residuales. Fuente: Área Metropolitana de Barcelona. Entitat del MediAmbient.2005.

## 2.8 Recuperación energética

El Poder calorífico (PCI) es la cantidad de energía que se desprende en la combustión de un material con secado previo, es decir, consumiendo una parte de su energía en el calor latente de vaporización del agua presente en el material, medido en kcal/kg o en MJ/kg.

Valorizar implica dar un valor añadido a un subproducto residual que, por sí mismo, no puede ser reutilizable. En el caso de la valorización energética, este valor se traduce como energía

Los gases de combustión salen del horno de combustión completa a 800-850° C intercambiando calor para generar vapor saturado y salen del intercambiador a 200° C por lo que el salto térmico es de 600-650°C, o sea pequeño, debiéndose

usar grandes caudales de gases (gran escala de planta) para lograr eficiencia de generación energética. (Funiber: Guía de Valorización de RSU, 2008).

Las plantas de incineración de RSU pueden recuperar y almacenar el calor producido en la combustión de los residuos. Este calor puede aprovecharse para varios fines como la electricidad y vapor de agua.

### **2.8.1 Producción de electricidad**

El vapor proveniente de la caldera de recuperación se hace pasar por una turbina antes de ser condensado, produciendo electricidad.

Esta energía producida puede ser utilizada para autoconsumo de la propia planta y, si hay excedente, éste puede ser vendido a las compañías eléctricas.

### **2.8.2 Producción de vapor**

El vapor obtenido de la caldera de recuperación es el rendimiento energético de una instalación de incineración de un 20% aproximadamente utilizado por diferentes industrias vecinas.

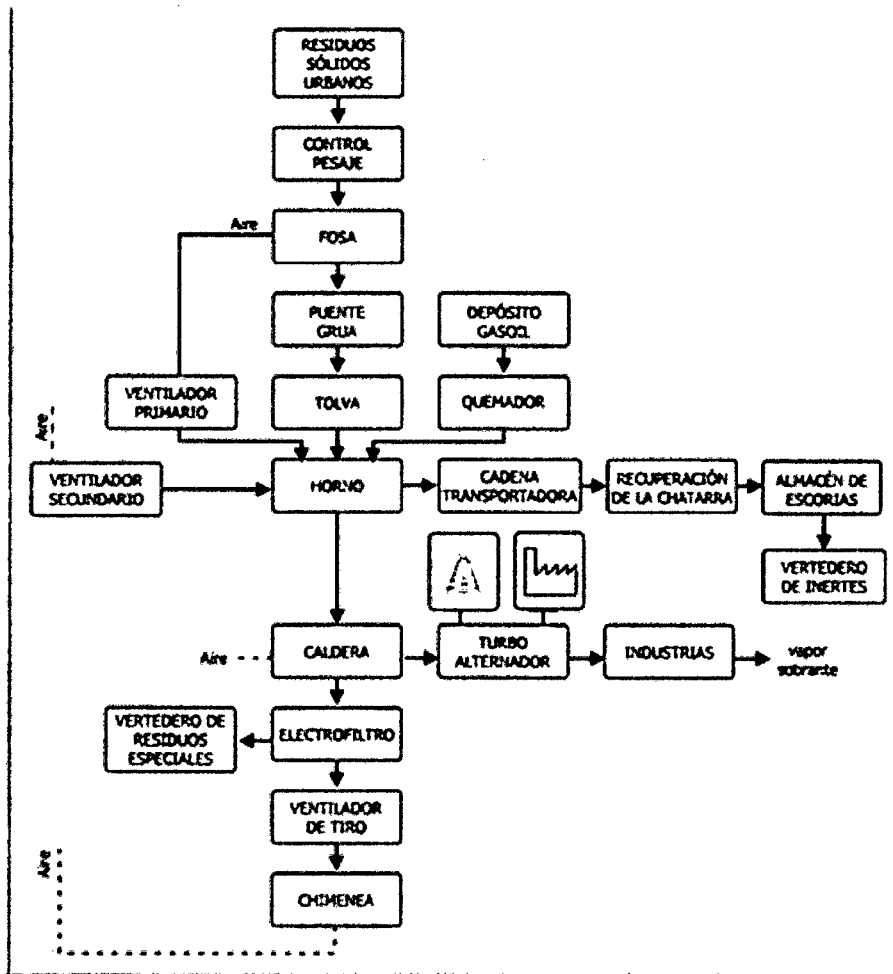


Figura 12: Planta incineradora con fases de recuperación de energía.  
<http://www.amb.cat/web/emma/dades-ambientals/residuos>[Leído el 30/11/ 2013].

## 2.9 Factores que influyen en la recuperación de energía

La cantidad de residuos disponibles.

-La potencia calorífica de los mismos.

-La posible utilización de la energía producida.

Dependiendo de si estos factores son favorables o no, se decidirá la recuperación de energía en la planta.

Siempre que este proyecto sea viable y rentable, es aconsejable la recuperación, ya que ayuda a disminuir los costes de explotación de la planta incineradora.

## **2.10 Evaluación de localización de la planta incineradora de RSU**

La elección del emplazamiento de una planta incineradora de residuos sólidos urbanos es un factor muy importante para la prevención de su incidencia sobre el medio.

Por esta razón, a la hora de proceder a la construcción de una planta incineradora de residuos, han de ser valorados una serie de factores ambientales, económicos y sociales, que muchas veces no suelen tener una misma finalidad.

Por lo tanto, debe elegirse, de entre todas las alternativas posibles, aquella que integre todos los intereses generales y sea respetuosa con el entorno en el que se localiza.

El proceso de evaluación de la localización de una planta incineradora de residuos sólidos urbanos tendrá que contener las etapas siguientes:

- Reconocimiento ambiental y territorial de las posibles zonas geográficas de localización de la planta.
- Cálculo del volumen y el sistema de incineración de los residuos sólidos urbanos.
- Selección de aquellas zonas de localización de la planta de incineración en las que el impacto ambiental provocado por la misma sea aceptable.



- Incorporación de criterios de optimización de la localización, en función de otros parámetros de gestión de los residuos sólidos urbanos.

### **2.10.1 Reconocimiento ambiental y territorial de zonas geográficas para localización de la planta**

En esta etapa se estudian las características de la zona, siguiendo criterios ambientales y territoriales, y poniendo un interés especial en aquellas características que previsiblemente se vean más afectadas por el proceso de incineración de los residuos. Se estudia la evolución de todos aquellos parámetros que se puedan ver afectados con la implantación de la planta de incineración de RSU.

- **Climatología.** Afecta mayormente al área de compostaje o vertedero, más que a la propia incineradora. Se considerarán variables como el régimen de temperaturas, vientos, balance hídrico.

- **Geomorfología.** Se considera la topografía del terreno donde se desea implantar la planta de incineración, ya que este dato condiciona el transporte y difusión de los contaminantes emitidos por la planta a la atmósfera.

- **Paisaje y vegetación.** En este punto se analiza el impacto visual producido por la ubicación de esta instalación, así como la aptitud del territorio para soportar visualmente la planta con el mínimo impacto en la calidad paisajística.



Por ejemplo, se puede optar por emplazar la incineradora en un núcleo urbano por motivos puramente económicos (minimización del transporte). En este sentido, debe considerarse el tiempo de espera de los camiones para evitar el impacto visual de los mismos.

De igual forma, se determina el impacto sobre la vegetación que supone la instalación de la planta de incineración, y la capacidad que posee la vegetación para asimilar e integrar dicho impacto. En este sentido, es conveniente dotar a la planta de un perímetro ajardinado que embellezca el entorno.

- **Usos actuales y previstos del suelo.** Es necesario considerar una serie de factores tales como la distribución del suelo forestal y los espacios de interés natural, el suelo agrícola, industrial y, sobre todo, el suelo urbano, analizando los asentamientos de la población y sus características más relevantes.

## **2.11 Marco normativo de Residuos Sólidos Urbanos**

Ley General de Residuos Sólidos Urbanos 27314 la presente Ley establece derechos obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

La ley 27314 se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los

sectores económicos, sociales y de la población. No están comprendidos en el ámbito de esta Ley los residuos sólidos de naturaleza radiactiva, cuyo control es de competencia de instituto peruano de energía nuclear

#### **Artículo 4.- Lineamientos de política**

La presente Ley se enmarca dentro de la política nacional ambiental y los principios establecidos en el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, aprobado mediante Decreto Legislativo N° 613. La gestión y manejo de los residuos sólidos se rige especialmente por los siguientes lineamientos de política, que podrán ser exigibles programáticamente, en función de las posibilidades técnicas y económicas para alcanzar su cumplimiento:

- ✓ Adoptar medidas de minimización de residuos sólidos, a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación.
- ✓ Establecer un sistema de responsabilidad compartida y de manejo integral de los residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, a fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos a la salud humana y el ambiente, sin perjuicio de las medidas técnicamente necesarias para el mejor manejo de los residuos sólidos peligrosos.
- ✓ Desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de los residuos sólidos y su manejo adecuado.

Las municipalidades están obligadas a:

- ✓ Planificar la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, compatibilizando los planes de manejo de residuos sólidos de sus distritos y centros poblados menores, con las políticas de desarrollo local y regional.
- ✓ Aprobar los proyectos de infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos sólidos, así como autorizar su funcionamiento.

### TÍTULO III - MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS - CAPÍTULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES PARA EL MANEJO

##### Artículo 13.- Disposiciones generales de manejo

El manejo de residuos sólidos realizado por toda persona natural o jurídica deberá ser sanitaria y ambientalmente adecuado, con sujeción a los principios de prevención de impactos negativos y protección de la salud, así como a los lineamientos de política establecidos en el Artículo 4.

1. Minimización de residuos
2. Segregación en la fuente
3. Reaprovechamiento
4. Almacenamiento
5. Recolección
6. Comercialización
7. Transporte
8. Tratamiento



9. Transferencia

10. Disposición final

#### Artículo 15.- Clasificación

15.1 Para los efectos de esta Ley y sus reglamentos, los residuos sólidos se clasifican según su origen en:

1. Residuo domiciliario
2. Residuo comercial
3. Residuo de limpieza de espacios públicos
4. Residuo de establecimiento de atención de salud
5. Residuo industrial
6. Residuo de las actividades de construcción
7. Residuo agropecuario
8. Residuo de instalaciones o actividades especiales

#### Artículo 21.- Guías de manejo

Las autoridades señaladas en la presente Ley promoverán, a través de Guías, la adopción de los sistemas de manejo de residuos sólidos que mejor respondan a las características técnicas de cada tipo de residuo, a la localidad geográfica en la que sean generados, la salud pública, la seguridad del medio ambiente, la factibilidad técnico-económica, y que conduzcan al establecimiento de un sistema de manejo integral de residuos sólidos.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 MATERIALES**

- vasos de precipitado de 500 ml, 1000ml
- agitadores magnéticos
- papel de filtro
- termómetros
- probetas de 100ml, 1000ml
- placas petrix
- espátulas de diferente tamaños
- desecador de muestras

#### **3.2 EQUIPOS**

- Balanza analítica 0,1mg
- Horno de parrilla
- Filtros de manga
- Espectrofotómetro de Absorción

- Difractómetro
- Bombas de teflón

### 3.3 MÉTODOS

Se tomó como referencia la Guía de valorización energética de residuos, de la Dirección General de Industria Energía y Minas. Comunidad de Madrid, 2010.

Otros trabajos del Dr. José Muruais y Dr. Alfonso Maíllo, Asociación Española de valorización energética de RSU.

Para la caracterización mineralógica de las cenizas se empleó difracción de rayos X, en un difractómetro SIEMENS D5000, mientras que para la caracterización química se realizó mediante análisis elemental en un equipo EA y para una digestión ácida en bombas de teflón con una mezcla de agua regia y ácido fluorhídrico, determinándose Si, Al, Fe, Ca, Mg, C, N, S y H por espectrofotometría de absorción atómica con llama UNICAM. Además se determinó la humedad a 105°C.

Los métodos utilizados para determinar los análisis químicos de las cenizas volantes se presentan en la siguiente tabla 1.

Tabla 1: Métodos para determinar los análisis químicos

ANÁLISIS	MÉTODO UTILIZADO
SiO <sub>2</sub> (%)	Difractometría
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Difractometría
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Difractometría
CaO (%)	Difractometría
MgO (%)	Difractometría
C (%)	Espectrofotometría de absorción atómica con llama
N (%)	Espectrofotometría de absorción atómica con llama
S (%)	Espectrofotometría de absorción atómica con llama
H (%)	Espectrofotometría de absorción atómica con llama

Tabla 2: Lixiviación inorgánica

Elementos tóxicos	Método
Plomo	Absorción atómica
Cadmio	Absorción atómica
Mercurio	Absorción atómica
Cromo	Absorción atómica
Bario	Absorción atómica
Selenio	Absorción atómica
Arsénico	Absorción atómica
Plata	Absorción atómica

### 3.3.1 Obtención de muestras

La unidad de análisis del presente trabajo de investigación son los residuos sólidos urbanos domésticos tomadas en distintas zonas de SJL.

### 3.3.2 Estaciones de recojo selectivo de RSU

Se instalaron 8 estaciones de recojo de RSU. (2 domiciliarios, 2 restaurantes, 2 oficinas, 2 mercados).



### **3.3.3 Técnicas utilizadas para la recopilación de datos**

Se llevó a cabo las operaciones siguientes:

- Recepción, pesado y almacenamiento de RSU
- Alimentación y dosificación a los hornos
- Extracción de cenizas y recogida de escoria
- Refrigeración de gases
- Tratamiento de los gases de combustión
- Recuperación de energía
- Resultados

### **3.3.4 Selección de las zonas de localización de la planta de incineración**

Para llevar a cabo la selección de las zonas de localización de la planta incineradora, se tomó las siguientes fases:

- Establecimiento de criterios de compatibilidad ambiental, especialmente en lo referente a las concentraciones de contaminantes en el aire.
- Selección de áreas de interés natural a proteger debido a su especial sensibilidad a los impactos ambientales. Dentro de estas zonas, se pueden incluir los núcleos urbanos, los espacios protegidos de interés natural, determinadas zonas de cultivo, etc.

### 3.3.5 Descripción de la planta

La capacidad de instalación es de 20Ton/día de los residuos sólidos, con un poder calorífico entre 1200 y 2200 kcal/kg.

El silo es de 800 m<sup>3</sup> de capacidad apto para contener los residuos entre 5-6 días.

Del interior del silo los residuos son introducidos en la tolva de carga del horno mediante un puente grúa, provisto de cuchara bivalva con garras de 1m<sup>3</sup> de capacidad.

El horno está provisto de una parrilla móvil de acero refractario, la cual se halla distribuida en tres zonas: parrilla de pre-secado, parrilla de combustión, parrilla de acabado.

En la cámara de combustión se consigue que los humos permanezcan el tiempo necesario en su interior, eliminándose así y mediante la introducción de aire secundario, el que los humos contengan partículas de quemados.

Las escorias apagas van a parar a un canal de extracción con agua, donde son enfriadas.

Los humos al abandonar la cámara de combustión entre 900 y 1000°C, pasan a través de un generador de vapor produciendo 6800kg/h de vapor saturado a 12 atmósferas absolutas. Los humos abandonan la caldera a 350°C y son depurados.

El funcionamiento de la planta incineradora es durante 24 horas del día.

En cuanto a la emisión de contaminantes a la atmósfera, se determinó el volumen y el tipo de contaminantes emitidos. Dentro de los contaminantes, se

atmósferas absolutas. Los humos abandonan la caldera a 350°C y son depurados.

El funcionamiento de la planta incineradora es durante 24 horas del día.

En cuanto a la emisión de contaminantes a la atmósfera, se determinó el volumen y el tipo de contaminantes emitidos. Dentro de los contaminantes, se evaluó el contenido en partículas, ácido clorhídrico, dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono e hidrocarburos.

Asimismo, también se determinó la temperatura y caudal de salida de los gases.

### **3.3.6 Método estadístico aplicado para el tratamiento de datos**

En el presente trabajo de investigación se aplicó como técnica estadística los modelos de regresión para determinar las temperaturas promedios en la cámara de combustión, haciendo uso del paquete estadístico NLOGIT.

## IV. RESULTADOS

### 4.1 Composición de los Residuos sólidos urbanos

Tabla 3: Composición de RSU

<b>Residuos sólidos urbanos</b>	<b>%</b>
Materia orgánica fermentable	22,2
Papel cartón	28,5
Plásticos	35,4
Vidrio	10,1
Madera	1,5
Metales	1,2
tierra/ cenizas/loza	1,1
Total	100

### 4.2 Características técnicas de la planta

Tabla 4: Características de la planta de incineración

<b>Número de hornos</b>	<b>1</b>
Capacidad nominal por horno	20 ton/día
Capacidad de la planta	30 ton/día
Capacidad máxima posible	40 ton/día
Fosa de entrada de residuos	800 (m <sup>3</sup> )

Tabla 5: Características del horno

Capacidad térmica aproximada	6000 (gcal/h)
Temperatura máxima promedio cámara de combustión	1050 °C
Temperatura mínima promedio cámara de combustión	750 °C

Tabla 6: características del aire de combustión

Caudal de aire primario	13,5 Nm <sup>3</sup> /h
Caudal de aire secundario	4 Nm <sup>3</sup> /h

Tabla 7: Características del Pre-calentador de aire por vapor

Caudal de aire a calentar	13,5 Nm <sup>3</sup> /h
Temperatura promedio del aire a la entrada	20°C
Temperatura promedio del aire a la salida	90°C
Caudal de vapor	0,5 (t/h)

Tabla 8: Características de recalentador de aire por humos

Caudal de aire a calentar	13,5 Nm <sup>3</sup> /h
Temperatura promedio del aire a la entrada	90 °C
Temperatura promedio del aire a la salida	320°C

Tabla 9: Características de la Caldera

Volumen	10 m <sup>3</sup>
Caudal de vapor máximo (t/h)	5 t/h
Presión de vapor	12 atm
Temperatura promedio de humos salida caldera	350 °C

Tabla 10: Características del depurador de humos

Caudal de gas	103 Nm <sup>3</sup> /h
Temperatura promedio de los humos	350°C

#### 4.3 Composición del combustible derivado del residuo (RDF)

Tabla 11: Composición del combustible derivado del residuo (RDF)

Fracción residual	% en peso húmedo sobre el total del RSU
papel, carton	30
textiles, gomas y cuero	3
plástico	18
madera	2
Total	53

Tabla 12: Composición porcentual y el PCI de los materiales que forman RDF

SUBPRODUCTO	COMPOSICIÓN MEDIA						PCI (kcal/kg)
	H <sub>2</sub> O	C	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Cenizas	
Periódicos	6	46	6	40	0,1	1,4	4.430
Cartón corrugado	5	41	5	43	0,1	5,1	3.913
Muebles	6	47	6	40	0,1	1,3	4.341
Polietileno alta densidad	---	---	---	---	---	---	10.000
PVC	---	---	---	---	---	---	5.000
Poliéster	---	---	---	---	---	---	7.000

#### 4.4 Composición química de las cenizas, escorias procedentes de la incineración.

Tabla 13: Composición química de las cenizas procedentes de la incineración de los residuos sólidos urbanos.

COMPUESTO	PORCENTAJE EN PESO
SiO <sub>2</sub>	31,4
CaO	19,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,7
Na <sub>2</sub> O	3,4
SO <sub>3</sub>	2,9
K <sub>2</sub> O	4,6
TiO <sub>2</sub>	1,9
MgO	2,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,6
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,16
Materia orgánica	0,5
C <sub>total</sub>	7,6
C <sub>libre</sub>	6,5

Tabla 14: Composición química de las escorias procedentes de la incineración de RSU

COMPUESTO	PORCENTAJE
SiO <sub>2</sub>	18,7%
CaO	24,5%
Material organic	3-20%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,7%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,6%
Na <sub>2</sub> O	5,8%
SO <sub>3</sub>	0,02%
K <sub>2</sub> O	4,3%
TiO <sub>2</sub>	0,7%
MnO	0,2%

#### 4.5 Viabilidad Económica

Precio de venta: 1,85ton x 2000 nuevos soles /ton = 3700 nuevos soles/ton

Tabla 15: Viabilidad Económica

Producción de vapor para 1 ton de residuo	PCI
1,5 Ton	1200 kcal/kg
2,7 Ton	2200 kcal/kg
Ingreso por venta de vapor	
1,85 ton	1500 kcal/Kg



#### 4.6 Viabilidad Ambiental

Se parte de una política medioambiental enfocada a tres aspectos:

- Reducir la producción de residuos
- Reciclar los residuos posibles
- Disponer el resto de residuos de la forma más adecuada para preservar el medio ambiente

La correcta gestión de residuos implica la preservación de sustancias como sea posible dentro del ciclo natural.

Se consideró dos aspectos:

- Criterios contemplados dentro del sistema de gestión integral de eliminación de residuos
- Únicamente se procede a la incineración de aquellos residuos irrecuperables.

El coste del daño medioambiental, se puede afirmar que el impacto de una planta incineradora es mínimo y en cualquier caso es el más indicado de lo que están al alcance de la población.

## V. DISCUSIÓN

1. La composición de los residuos sólidos urbanos es básicamente de materia orgánica con un 22,2%, papel cartón 28,5%, plásticos un 35,4% y vidrio 10,1%.
2. La composición porcentual y el PCI de los materiales el que forman el combustible derivado de residuos (RDF) varían entre 3900 a 10000 kcal/kg, siendo valores altos para una buena combustión, con una composición principal de papel cartón un 30% y un 18% de plástico.
3. Las características técnicas de la planta, se considera una capacidad nominal de 20 ton/día, una capacidad térmica aproximada de 6000 gcal/h, una temperatura máxima promedio en la cámara de combustión de 1050 °C y una temperatura mínimo promedio de 750 °C.
4. El recalentador de aire de humos presenta un caudal de 13,5 Nm<sup>3</sup>/h, con una temperatura promedio de aire a la entrada de 90°C y de salida a 20°C.
5. La caldera tiene un volumen 10m<sup>3</sup>, un caudal de vapor máximo 5t/h con una presión de vapor de 12 atm, con una temperatura de humos a la salida de la caldera de 350 °C, mientras el depurador de humos tiene un caudal de gas 103 Nm<sup>3</sup>/h.
6. La composición química de las escorias procedentes de la incineración de RSU es básicamente el óxido de silicio con un 18,7% ,el óxido de calcio un 24,5%, trióxido de aluminio de 12,7%
7. En referencia, a la composición química de las cenizas procedentes de la incineración de los residuos sólidos urbanos presentan valores de 31,4% de SiO<sub>2</sub>, un 19,3% de CaO y el Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> un 16,3%.

8. La viabilidad ambiental referida a emplear una correcta gestión de residuos, para lograr reducir volúmenes altos de producción RSU, implica la preservación de sustancias como sea posible dentro del ciclo natural. Por ello, únicamente se procede a la incineración de aquellos residuos irrecuperables.
9. La viabilidad económica se traduce en la utilidad que se genera de este proceso de recuperación de energía como el vapor, siendo para 1ton de residuo se obtiene 1,85 ton promedio con PCI 1500 kcal/kg el valor monetario de 3700 nuevos soles, por lo que es viable.



## 5.1 CONCLUSIONES

1. De los resultados se concluye que la aplicación de la combustión controlada como una forma de valorización energética de los residuos sólidos, es aceptable porque el PCI obtenido en una tonelada de residuos genera 1, 8 ton de vapor convertidos en soles se obtiene 3700 soles por cada tonelada de residuo, con la capacidad que se ha tratado de 20 ton por día de residuo se obtiene 74000 nuevos soles por día, es decir es muy rentable, viablemente económico debido a que los ingresos son mayores que la inversión, además los cambios actuales en los hábitos de consumo de la población provocan un mayor uso de productos combustibles como el papel, cartón y plástico con los que el poder calorífico de RDF aumenta.
2. Se determinó las condiciones para la combustión controlada considerando las características de la planta de incineración como la capacidad nominal, temperatura máxima y mínima de la cámara de combustión, flujo de aire a la entrada y salida, considerando también las condiciones del pre-calentador y recalentador de aire, condiciones para la caldera así como para el depurador de humos.
3. La clasificación de los residuos sólidos urbanos se realizó en base al combustible derivado de residuos el RDF, siendo básicamente de papel cartón y plásticos.



4. La incineración es el tratamiento adecuado como método de tratamiento de desecho, siendo la incineración una operación completa, porque le precede operaciones preliminares y luego los productos finales de incineración, como las cenizas y los gases que se emiten se controlan permanentemente para evitar el impacto ambiental.
5. La recuperación de energía en la combustión controlada es una buena alternativa dentro de la mayoría de los sistemas minimización de residuos existentes por la producción de vapor utilizado para los procesos industriales
6. La decisión sobre la instalación de la una planta de incineración viene condicionada por los factores, como son el tipo de residuo que se vaya a incinerar, la cantidad que se tratará, la existencia de mercado para la aplicación térmica, vapor, agua caliente, electricidad, y los costos que conlleve.
7. Con una mayor homogeneidad del residuo, se tiene una menor cantidad de escorias y cenizas, menor inversión y mayor rentabilidad.
8. La incineración en una cámara de combustión herméticamente cerrada donde se utiliza un sistema de depuración de humos con un lavado de lechada de cal para neutralizar los gases ácidos, evita contaminar el aire y cumplir con la normatividad de la ECA es decir de los estándares de calidad ambiental.

## **5.2 RECOMENDACIONES**

- a) Las zonas para la instalación de la planta de incineración deberán ser seleccionadas considerando, los núcleos urbanos, los espacios protegidos de interés natural, determinadas zonas de cultivo, etc.
- b) Los impactos ambientales producidos por el funcionamiento de la planta de incineración de residuos sólidos urbanos, deberán estar dentro de la normatividad ambiental de la calidad de aire.
- c) Se deberán realizar controles permanentes en el depurador de humos para así garantizar las emisiones de gases tóxicos que emanan al ambiente y estén dentro de los valores de los límites máximos permitidos, de la legislación ambiental peruana.

## VI. REFERENCIALES

1. CENTENO, L.M. **Aprovechamiento energético de los residuos sólidos urbanos**, TECONMA S.A. 2012.
2. DIRECCIÓN GENERAL DE INDUSTRIA ENERGÍA Y MINAS. Guía de valorización energética de residuos. Comunidad de Madrid, 2010.
3. ELÍAS, X. Tratamiento y valorización energética de residuos. 1ª Ed. Editorial Díaz de Santos. Madrid. 2000.
4. IDEA. Manual de Energías Renovables. Incineración de RSU. Ed. Cinco Días. IDAE. Madrid (España). 1996.
5. MARIMÓN, R. **Los residuos sólidos urbanos municipal**. Ed. Moneda y Crédito. Barcelona. 1980.
6. MARTINEZ, C. **Los residuos tóxicos y peligrosos**. Unidades Técnicas Ambientales. Centro de Publicaciones del M.O.P.U. Madrid. 1988.
7. MORENO, E. **Efectos ambientales y rechazo social de una planta de reciclaje de basuras. Propuestas para su minimización**. Monografías Psico-Ambientales. Publicaciones de la Universidad de Barcelona. 1995.
8. MURUAIS Y MAÍLO. Asociación Española de Valorización Energética de RSU. La Incineración de los RSU aporte energético y ambiental. 2010
9. MURUAIS, J. y otros. **La incineración de los residuos sólidos urbanos aporte energético y ambiental**. Asociación Española de valorización energético de RSU (AEVERSU). 2010.
10. OLPRASERT, CH. Organic Waste Recycling. 2ª Ed. John Wiley & Sons. New York. 1995.
11. OTERO, L. R. **Residuos Sólidos Urbanos**. Ed. Mopt. Madrid. 1992
12. RELEA, F. y Otros. Reducción de residuos-Guía práctica para la evaluación de oportunidades de procesos industriales. Generalitat de Catalunya. Departamento de Medio Ambiente. Barcelona. 1991.

13. VILLENA.E. **Residuos sólidos urbanos, su valorización energética.** Universidad de Politécnica de Cataluña, Barcelona.2006.

### **Páginas web**

14. Área Metropolitana de Barcelona. Entitat del Medi Ambient.2005.  
[http://www.amb.cat/web/emma/dades\\_ambientals/residuos](http://www.amb.cat/web/emma/dades_ambientals/residuos)  
[Leído el 7 de abril de 2014].
15. OCDE Environmental Data 2007.  
<http://www.oecd.org/dataoecd/60/59/38106368.pdf>  
[Leído el 17 de octubre de 2013].
16. <http://ingenieria.uaslp.mx/Recursos/Formularios/Conductividad%20T%C3%89RMICA.htm>  
[Leído a 19 de noviembre de 2013].
17. [http://www2.uca.es/dept/quimica\\_organica/byprodlinea.htm](http://www2.uca.es/dept/quimica_organica/byprodlinea.htm)  
[Leído a 22 de noviembre de 2013]



## VII. APÉNDICE

### I. Resultados obtenidos mediante corridas (NLOGIT)

**CARACTERISTICAS DELHORNO: TEMPERATURA MÁXIMA  
PROMEDIO DE LA CÁMARA DE COMBUSTIÓN: 1050.00000°C  
TEMPERATURA MÍNIMA PROMEDIO: 750.000000°C**

DSTAT;Rhs= temperature;X1,X2,X3,X4,X5,X6,  
Descriptive Statistics  
All results based on nonmissing observations.

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum
-----				
All observations in current sample				
X1	1048.000000	25.5461229	748.0000000	1050.0000000
X2	1052.000000	24.7757106	750.0000000	1053.0000000
X3	1049.000000	23.5265723	751.0000000	1054.0000000
X4	1048.000000	24.1815950	748.0000000	1048.0000000
X5	1052.000000	24.3173405	747.0000000	1049.0000000
X6	1049.000000	23.7250119	749.0000000	1047.0000000

**CARACTERISTICAS DEL PRECALENTADOR DE AIRE POR VAPOR:  
TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE A LA ENTRADA:  
19.666667°C**

DSTAT;Rhs= temperature;X1,X2,X3,X4,X5,X6,  
Descriptive Statistics  
All results based on nonmissing observations.

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum
-----				
All observations in current sample				
X1	18.0000000	5.1400009	16.0000000	18.0000000
X2	22.0000000	4.7654108	18.0000000	23.0000000
X3	19.0000000	3.3446722	15.0000000	20.0000000
X4	18.0000000	4.0015954	17.0000000	21.0000000
X5	22.0000000	4.2200406	16.0000000	21.0000000
X6	19.0000000	3.0050117	15.0000000	23.0000000

**CARACTERISTICAS DEL PRECALENTADOR DE AIRE POR VAPOR:  
TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE A LA SALIDA:  
89.6666667°C**

|  
DSTAT;Rhs= temperature;X1,X2,X3,X4,X5,X6,  
Descriptive Statistics  
All results based on nonmissing observations.

```
=====
```

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum
-----				
All observations in current sample				
X1	90.0000000	4.0000061	86.0000000	92.0000000
X2	92.0000000	4.1222100	84.0000000	88.0000000
X3	89.0000000	4.2657020	85.0000000	94.0000000
X4	88.0000000	4.1000950	89.0000000	92.0000000
X5	87.0000000	4.0317340	84.0000000	89.0000000
X6	92.0000000	4.0250112	85.0000000	91.0000000

**CARACTERISTICAS DEL RECALENTADOR DE AIRE POR HUMOS:  
TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE A LA ENTRADA: 90.00000**

DSTAT;Rhs= temperature;X1,X2,X3,X4,X5,X6,  
Descriptive Statistics  
All results based on nonmissing observations.

```
=====
```

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum
-----				
All observations in current sample				
X1	89.0000000	12.5461229	87.0000000	90.0000000
X2	91.0000000	12.7757106	87.0000000	90.0000000
X3	90.0000000	13.5265723	88.0000000	90.0000000
X4	89.0000000	12.1815950	86.0000000	88.0000000
X5	91.0000000	12.3173405	88.0000000	90.0000000
X6	88.0000000	13.7250119	85.0000000	89.0000000

**CARACTERISTICAS DEL RECALENTADOR DE AIRE POR HUMOS:  
TEMPERATURA PROMEDIO DEL AIRE A LA SALIDA:  
320.00000°C**

DSTAT;Rhs= temperature;X1,X2,X3,X4,X5,X6,

Descriptive Statistics

All results based on nonmissing observations.

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum
-----				
All observations in current sample				
X1	318.000000	15.5461229	316.0000000	320.0000000
X2	322.000000	14.7757106	314.0000000	320.0000000
X3	319.000000	13.5265723	315.0000000	321.0000000
X4	323.000000	14.1815950	314.0000000	319.0000000
X5	322.000000	13.3173405	316.0000000	321.0000000
X6	319.000000	13.7250119	317.0000000	320.0000000

**CARACTERISTICAS DE LA CALDERA: TEMPERATURA PROMEDIO  
DE HUMOS A LA SALIDA DE LA CALDERA: 349.666667**

DSTAT;Rhs= temperature;X1,X2,X3,X4,X5,X6,

Descriptive Statistics

All results based on nonmissing observations.

Variable	Mean	Std.Dev.	Minimum	Maximum
-----				
All observations in current sample				
X1	348.000000	45.5461229	346.0000000	348.0000000
X2	352.000000	44.7757106	344.0000000	353.0000000
X3	349.000000	43.5265723	335.0000000	344.0000000
X4	348.000000	44.1815950	339.0000000	348.0000000
X5	352.000000	44.3173405	341.0000000	349.0000000
X6	349.000000	43.7250119	325.0000000	337.0000000

**CARACTERISTICAS DEL DEPURADOR DE HUMOS: TEMPERATURA PROMEDIO DE LOS HUMOS: 350.000000°C**

DSTAT;Rhs= temperature;X1,X2,X3,X4,X5,X6,  
Descriptive Statistics  
All results based on nonmissing observations.

```
=====
Variable      Mean           Std.Dev.      Minimum      Maximum
=====
```

All observations in current sample

```
-----
X1      350.000000    13.5000229    346.000000    350.000000
X2      352.000000    14.3207106    347.000000    352.000000
X3      347.000000    13.1200723    348.000000    350.000000
X4      349.000000    14.1815950    345.000000    348.000000
X5      351.000000    14.2700405    347.000000    351.000000
X6      351.000000    14.0256719    345.000000    351.000000
-----
```

**Composición de los Residuos sólidos urbanos**

Tabla 3: Composición de RSU

<b>Residuos sólidos urbanos</b>	<b>%</b>
Materia orgánica fermentable	22,2
Papel cartón	28,5
Plásticos	35,4
Vidrio	10,1
Madera	1,5
Metales	1,2
tierra/ cenizas/loza	1,1
Total	100

Fuente: Autoría propia, CGAC.

Tabla 11: Composición del combustible derivado del residuo (RDF)

Fracción residual	% en peso húmedo sobre el total del RSU
papel, cartón	30
textiles, gomas y cuero	3
Plástico	18
Madera	2
Total	53

Fuente: Autoría propia, CGAC.

Tabla 12: Composición porcentual y el PCI de los materiales que forman RDF

SUBPRODUCTO	COMPOSICIÓN MEDIA						PCI (kcal/kg)
	H <sub>2</sub> O	C	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Cenizas	
Periódicos	6	46	6	40	0,1	1,4	4.430
Cartón corrugado	5	41	5	43	0,1	5,1	3.913
Muebles	6	47	6	40	0,1	1,3	4.341
Polietileno alta densidad	---	---	---	---	---	---	10.000
PVC	---	---	---	---	---	---	5.000
Poliéster	---	---	---	---	---	---	7.000

Fuente: Autoría propia, CGAC.

Tabla 13: Composición química de las cenizas procedentes de la incineración de los residuos sólidos urbanos.

COMPUESTO	PORCENTAJE EN PESO
SiO <sub>2</sub>	31,4
CaO	19,3
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	16,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,7
Na <sub>2</sub> O	3,4
SO <sub>3</sub>	2,9
K <sub>2</sub> O	4,6
TiO <sub>2</sub>	1,9
MgO	2,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	1,6
Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	0,16
Materia orgánica	0,5
C <sub>total</sub>	7,6
C <sub>libre</sub>	6,5

Fuente: Autoría propia, CGAC

Tabla 14: Composición química de las escorias procedentes de la incineración de RSU

COMPUESTO	PORCENTAJE
SiO <sub>2</sub>	18,7%
CaO	24,5%
Material orgánico	3-20%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	12,7%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,6%
Na <sub>2</sub> O	5,8%
SO <sub>3</sub>	0,02%
K <sub>2</sub> O	4,3%
TiO <sub>2</sub>	0,7%
MnO	0,2%

Fuente: Autoría propia, CGAC.

## ANEXOS

Tabla 1: Métodos para determinar los análisis químicos

ANÁLISIS	MÉTODO UTILIZADO
SiO <sub>2</sub> (%)	Difractometría
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Difractometría
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Difractometría
CaO (%)	Difractometría
MgO (%)	Difractometría
C(%)	Espectrofotometría de absorción atómica con llama
N(%)	Espectrofotometría de absorción atómica con llama
S(%)	Espectrofotometría de absorción atómica con llama
H(%)	Espectrofotometría de absorción atómica con llama

Fuente: Guía de valorización energética de residuos, de la Dirección General de Industria Energía y Minas. Comunidad de Madrid, 2010.

Tabla 2: Lixiviación inorgánica

Elementos tóxicos	Método
Plomo	Absorción atómica
Cadmio	Absorción atómica
Mercurio	Absorción atómica
Cromo	Absorción atómica
Bario	Absorción atómica
Selenio	Absorción atómica
Arsénico	Absorción atómica
Plata	Absorción atómica

Fuente: Guía de valorización energética de residuos, de la Dirección General de Industria Energía y Minas. Comunidad de Madrid, 2010.

# LEY Nº 27314

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

POR CUANTO:

El Congreso de la República

ha dado la Ley siguiente:

EL CONGRESO DE LA REPÚBLICA;

Ha dado la Ley siguiente:

## LEY GENERAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

### TÍTULO I

#### DISPOSICIONES GENERALES

##### **Artículo 1°.- Objeto**

La presente Ley establece derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en su conjunto, para asegurar una gestión y manejo de los residuos sólidos, sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales y protección de la salud y el bienestar de la persona humana.

##### **Artículo 2°.- Ámbito de aplicación**

2.1 La presente Ley se aplica a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de dichos residuos, en los sectores económicos, sociales y de la población. Asimismo, comprende las actividades de internamiento y tránsito por el territorio nacional de residuos sólidos.

2.2 No están comprendidos en el ámbito de esta Ley los residuos sólidos de naturaleza radiactiva, cuyo control es de competencia del Instituto Peruano de Energía Nuclear, salvo en lo relativo a su internamiento al país, el cual se rige por lo dispuesto en esta Ley.

### TÍTULO II

#### GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

##### CAPÍTULO I

#### LINEAMIENTOS DE GESTIÓN

##### **Artículo 3°.- Finalidad**

La gestión de los residuos sólidos en el país tiene como finalidad su manejo integral y sostenible, mediante la articulación, integración y compatibilización de las políticas, planes, programas, estrategias y acciones de quienes intervienen en la gestión y el manejo de los residuos sólidos, aplicando los lineamientos de política que se establecen en el siguiente artículo.

##### **Artículo 4°.- Lineamientos de política**

La presente Ley se enmarca dentro de la política nacional ambiental y los principios establecidos en el

Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, aprobado mediante Decreto Legislativo Nº 613. La gestión y manejo de los residuos sólidos se rige especialmente por los siguientes lineamientos de política, que podrán ser exigibles programáticamente, en función de las posibilidades técnicas y económicas para alcanzar su cumplimiento:

1. Desarrollar acciones de educación y capacitación para una gestión de los residuos sólidos eficiente, eficaz y sostenible.

2. Adoptar medidas de minimización de residuos sólidos, a través de la máxima reducción de sus volúmenes de generación y características de peligrosidad.

3. Establecer un sistema de responsabilidad compartida y de manejo integral de los residuos sólidos, desde la generación hasta su disposición final, a fin de evitar situaciones de riesgo e impactos negativos a la salud humana y el ambiente, sin perjuicio de las medidas técnicamente necesarias para el mejor manejo de los residuos sólidos peligrosos.

4. Adoptar medidas para que la contabilidad de las entidades que generan o manejan residuos sólidos refleje adecuadamente el costo real total de la prevención, control, fiscalización, recuperación y compensación que se derive del manejo de residuos sólidos.

5. Desarrollar y usar tecnologías, métodos, prácticas y procesos de producción y comercialización, que favorezcan la minimización o reaprovechamiento de los residuos sólidos y su manejo adecuado.

6. Fomentar el reaprovechamiento de los residuos sólidos y la adopción complementaria de prácticas de tratamiento y adecuada disposición final.

7. Promover el manejo selectivo de los residuos sólidos y admitir su manejo conjunto, cuando no se generen riesgos sanitarios o ambientales significativos.

8. Establecer acciones orientadas a recuperar las áreas degradadas por la descarga inapropiada e incontrolada de los residuos sólidos.

9. Promover la iniciativa y participación activa de la población, la sociedad civil organizada, y el sector privado en el manejo de los residuos sólidos.

10. Fomentar la formalización de las personas o entidades que intervienen en el manejo de los residuos sólidos.

11. Armonizar las políticas de ordenamiento territorial y las de gestión de residuos sólidos, con el objeto de favorecer su manejo adecuado, así como la identificación de áreas apropiadas para la localización de instalaciones de tratamiento, transferencia y disposición final.

12. Fomentar la generación, sistematización y difusión de información para la toma de decisiones y el mejoramiento del manejo de los residuos sólidos.

13. Definir planes, programas, estrategias y acciones transectoriales para la gestión de residuos sólidos, conjugando las variables económicas, sociales, culturales, técnicas, sanitarias y ambientales.

14. Priorizar la prestación privada de los servicios de residuos sólidos, bajo criterios empresariales y de sostenibilidad.

15. Asegurar que las tasas o tarifas que se cobren por la prestación de servicios de residuos sólidos se fijan, en función de su costo real, calidad y eficiencia.

16. Establecer acciones destinadas a evitar la contaminación del medio acuático, eliminando el arrojamiento de residuos sólidos en cuerpos o cursos de agua.

##### **Artículo 5°.- Competencias del CONAM**

El Consejo Nacional del Ambiente (CONAM) debe:



1. Coordinar con las autoridades sectoriales y municipales la debida aplicación de la presente Ley.

2. Promover la aplicación de planes integrales de gestión ambiental de residuos sólidos en las distintas ciudades del país, de conformidad con lo establecido en esta ley.

3. Incluir en el Informe Nacional sobre el Estado del Ambiente en el Perú, el análisis referido a la gestión y el manejo de los residuos sólidos.

4. Incorporar en el Sistema Nacional de Información Ambiental, información referida a la gestión y manejo de los residuos sólidos.

5. Armonizar los criterios de evaluación de impacto ambiental con los lineamientos de política establecida en la presente Ley.

6. Resolver, en última instancia administrativa, los recursos impugnativos interpuestos con relación a conflictos entre resoluciones o actos administrativos emitidos por distintas autoridades, relacionados con el manejo de los residuos sólidos.

7. Resolver, en última instancia administrativa, a pedido de parte, sobre la inaplicación de resoluciones o actos administrativos que contravengan los lineamientos de política y demás disposiciones establecidas en la presente Ley.

8. Promover la adecuada gestión de residuos sólidos, mediante el Marco Estructural de Gestión Ambiental, establecido por el Decreto del Consejo Directivo del CONAM N° 01-97-CD/CONAM, y la aprobación de políticas, planes y programas de gestión transectorial de residuos sólidos, a través de la Comisión Técnica Multisectorial.

## CAPÍTULO II

### AUTORIDADES SECTORIALES

#### **Artículo 6°.- Competencia de las autoridades sectoriales**

La gestión y el manejo de los residuos sólidos de origen industrial, agropecuario, agroindustrial o de instalaciones especiales, que se realicen dentro del ámbito de las áreas productivas e instalaciones industriales o especiales utilizadas para el desarrollo de dichas actividades, son regulados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos regulatorios o de fiscalización correspondientes.

#### **Artículo 7°.- Competencia del Sector Salud**

El Ministerio de Salud está obligado a:

1. Regular a través de la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), lo siguiente:

a) Los aspectos técnico-sanitarios del manejo de residuos sólidos, incluyendo los correspondientes a las actividades de reciclaje, reutilización y recuperación.

b) El manejo de los residuos sólidos de establecimientos de atención de salud, así como de los generados en campañas sanitarias.

2. Aprobar el Estudio de Impacto Ambiental y emitir opinión técnica favorable, previamente a la aprobación de los proyectos de plantas de transferencia, tratamiento y rellenos sanitarios.

3. Declarar zonas en estado de emergencia sanitaria por el manejo inadecuado de los residuos sólidos.

4. Administrar y mantener actualizado el registro de las empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos y de las empresas comercializadoras señaladas en el Artículo 19°.

5. Vigilar el manejo de los residuos sólidos debiendo adoptar, según corresponda, las siguientes medidas:

a) Inspeccionar y comunicar a la autoridad sectorial competente las infracciones detectadas al interior de las áreas e instalaciones indicadas en el artículo anterior, en caso que se generen impactos sanitarios negativos al exterior de ellas.

b) Disponer la eliminación o control de los riesgos sanitarios generados por el manejo inadecuado de residuos sólidos.

c) Requerir con la debida fundamentación el cumplimiento de la presente Ley a la autoridad municipal, bajo responsabilidad.

#### **Artículo 8°.- Competencia del Sector Transportes y Construcción**

El Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción regula la gestión de los residuos sólidos de la actividad de la construcción y el transporte de los residuos peligrosos. Asimismo, autoriza y fiscaliza el transporte de los residuos peligrosos, en las vías nacionales y regionales.

## CAPÍTULO III

### AUTORIDADES MUNICIPALES

#### **Artículo 9°.- Municipalidades Provinciales**

Las municipalidades provinciales son responsables por la gestión de los residuos sólidos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a éstos, en todo el ámbito de su jurisdicción.

Están obligadas a:

1. Planificar la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, compatibilizando los planes de manejo de residuos sólidos de sus distritos y centros poblados menores, con las políticas de desarrollo local y regional.

2. Regular y fiscalizar el manejo y la prestación de los servicios de residuos sólidos de su jurisdicción.

3. Emitir opinión fundamentada sobre los proyectos de ordenanza distritales referidas al manejo de residuos sólidos, incluyendo la cobranza de arbitrios correspondientes.

4. Asegurar la adecuada limpieza de vías, espacios y monumentos públicos, la recolección y transporte de residuos sólidos en el distrito del Cercado de las ciudades capitales correspondientes.

5. Aprobar los proyectos de infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos sólidos, así como autorizar su funcionamiento.

6. Autorizar el funcionamiento de la infraestructura de transferencia, tratamiento y disposición final de residuos sólidos.

7. Asumir, en coordinación con la autoridad de salud de su jurisdicción, o a pedido de ésta, la prestación de los servicios de residuos sólidos para complementar o suplir la acción de aquellos distritos que hayan sido declarados en emergencia sanitaria o que no puedan hacerse cargo de los mismos en forma adecuada. El costo de los servicios prestados deberá ser sufragado por la municipalidad distrital correspondiente.

8. Adoptar medidas conducentes a promover la constitución de empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos indicadas en el Artículo 27° de la presente Ley, así como incentivar y priorizar la prestación privada de los servicios de conformidad con lo establecido en la presente Ley.

9. Promover y garantizar servicios de residuos sólidos administrados bajo principios, criterios y contabilidad de costos de carácter empresarial.

10. Suscribir contratos de prestación de servicios de residuos sólidos con las empresas registradas en el Ministerio de Salud.

11. Autorizar y fiscalizar el transporte de residuos peligrosos en su jurisdicción, con excepción del que se realiza en las vías nacionales y regionales.

#### **Artículo 10°.- Municipalidades Distritales**

10.1 Las municipalidades distritales son responsables por la prestación de los servicios de recolección y transporte de los residuos sólidos indicados en el artículo anterior y de la limpieza de vías, espacios y monumentos públicos en su jurisdicción. Los residuos sólidos en su totalidad deberán ser conducidos directamente a la planta de tratamiento, transferencia o al lugar de disposición final autorizado por la Municipalidad Provincial, estando obligados los municipios distritales al pago de los derechos correspondientes.

10.2 Las municipalidades distritales son competentes para suscribir contratos de prestación de servicios de residuos sólidos con las empresas indicadas en el inciso 9) del artículo anterior.

**Artículo 11°.- Pequeñas ciudades y centros poblados menores**

Las ciudades con menos de 5,000 habitantes o los centros poblados menores que cuenten con un municipio propio establecido de conformidad con lo dispuesto por la Ley Orgánica de Municipalidades y sus normas reglamentarias y complementarias, podrán exceptuarse del cumplimiento de aquellas disposiciones de la presente Ley que resulten incompatibles con sus condiciones económicas e infraestructura y equipamiento urbano, o por su condición socioeconómica rural.

**Artículo 12°.- Coordinación y concertación**

La gestión de los residuos sólidos de responsabilidad municipal en el país debe ser coordinada y concertada, especialmente en las zonas conurbadas, en armonía con las acciones de las autoridades sectoriales y las políticas de desarrollo regional. Las municipalidades provinciales están obligadas a realizar las acciones que correspondan para la debida implementación de esta disposición.

**TÍTULO III**

**MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS**

**CAPÍTULO I**

**DISPOSICIONES GENERALES  
PARA EL MANEJO**

**Artículo 13°.- Disposiciones generales de manejo**

El manejo de residuos sólidos realizado por toda persona natural o jurídica deberá ser sanitaria y ambientalmente adecuado, con sujeción a los principios de prevención de impactos negativos y protección de la salud, así como a los lineamientos de política establecidos en el Artículo 4°.

**Artículo 14°.- Definición de residuos sólidos**

Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos:

1. Minimización de residuos
2. Segregación en la fuente
3. Reaprovechamiento
4. Almacenamiento
5. Recolección
6. Comercialización
7. Transporte
8. Tratamiento
9. Transferencia
10. Disposición final

Esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales.

**Artículo 15°.- Clasificación**

15.1 Para los efectos de esta Ley y sus reglamentos, los residuos sólidos se clasifican según su origen en:

1. Residuo domiciliario
2. Residuo comercial
3. Residuo de limpieza de espacios públicos
4. Residuo de establecimiento de atención de salud
5. Residuo industrial
6. Residuo de las actividades de construcción
7. Residuo agropecuario
8. Residuo de instalaciones o actividades especiales

15.2 Al establecer normas reglamentarias y disposiciones técnicas específicas relativas a los residuos sólidos

dos se podrán establecer subclasificaciones en función de su peligrosidad o de sus características específicas, como su naturaleza orgánica o inorgánica, física, química, o su natural reaprovechamiento.

#### **Artículo 16°.- Residuos del ámbito no municipal**

El generador, empresa prestadora de servicios, operador y cualquier persona que intervenga en el manejo de residuos sólidos no comprendidos en el ámbito de la gestión municipal será responsable por su manejo seguro, sanitario y ambientalmente adecuado, de acuerdo a lo establecido en la presente Ley, sus reglamentos y las normas técnicas correspondientes.

#### **Artículo 17°.- Internamiento de residuos**

17.1 Está prohibido el internamiento de residuos sólidos al territorio nacional. Sólo por excepción se podrá admitir el internamiento de residuos sólidos destinados exclusivamente a actividades de reciclaje, reutilización o recuperación, previa autorización fundamentada expedida a través de resolución de la DIGESA del Ministerio de Salud. Esta autorización se otorgará para sucesivos internamientos en un periodo determinado, cuando se demuestre que se va internar un mismo tipo de residuo, proveniente de una misma fuente de suministro.

17.2 No se concederá autorización de internamiento ni de tránsito por el territorio nacional a aquellos residuos que por ser de naturaleza radiactiva o que por su manejo resultaren peligrosos para la salud humana y el ambiente. La Dirección General de Capitanías y Guardacostas de la Marina de Guerra del Ministerio de Defensa, podrá prohibir el ingreso a aguas y puertos nacionales a aquellas naves que transporten residuos como carga en tránsito, cuando no estén cumpliendo con las normas de seguridad para el transporte y formalidades para el ingreso legal en tránsito por el territorio nacional, establecidas en los convenios internacionales suscritos por el Perú y otras normas legales vigentes.

#### **Artículo 18°.- Adquisiciones estatales**

Las entidades y dependencias del Estado a cargo de procesos de adquisiciones y contrataciones optarán preferentemente por productos y servicios de reducido impacto ambiental negativo que sean durables, no peligrosos y susceptibles de reaprovechamiento. Estas características deben ser incluidas en las especificaciones técnicas y administrativas de los concursos o licitaciones correspondientes.

#### **Artículo 19°.- Comercialización de residuos sólidos**

La comercialización de residuos sólidos que van a ser objeto de reindustrialización para la obtención de productos de consumo humano directo o indirecto será efectuada exclusivamente por empresas debidamente registradas ante el Ministerio de Salud.

#### **Artículo 20°.- Salud ocupacional**

Los generadores y operadores de los sistemas de manejo de residuos sólidos deberán contar con las condiciones de trabajo necesarias para salvaguardar su salud y la de terceros, durante el desarrollo de las actividades que realizan, debiendo entre otros, contar con los equipos, vestimenta, instalaciones sanitarias y capacitación que fueren necesarios.

#### **Artículo 21°.- Guías de manejo**

Las autoridades señaladas en la presente Ley promoverán, a través de Guías, la adopción de los sistemas de manejo de residuos sólidos que mejor respondan a las características técnicas de cada tipo de residuo, a la localidad geográfica en la que sean generados, la salud pública, la seguridad del medio ambiente, la factibilidad técnico-económica, y que conduzcan al establecimiento de un sistema de manejo integral de residuos sólidos.

### **CAPÍTULO II**

#### **DISPOSICIONES PARA EL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS**

#### **Artículo 22°.- Definición de residuos sólidos peligrosos**

22.1 Son residuos sólidos peligrosos aquéllos que por sus características o el manejo al que son o van a ser

sometidos representan un riesgo significativo para la salud o el ambiente.

22.2 Sin perjuicio de lo establecido en las normas internacionales vigentes para el país o las reglamentaciones nacionales específicas, se considerarán peligrosos los que presenten por lo menos una de las siguientes características: autocombustibilidad, explosividad, corrosividad, reactividad, toxicidad, radiactividad o patogenicidad.

#### **Artículo 23°.- Responsabilidad por residuos sólidos peligrosos frente a daños**

23.1 El que causa un daño durante el manejo de residuos sólidos peligrosos está obligado a repararlo, de conformidad con el Artículo 1970° del Código Civil.

23.2 Los generadores de residuos sólidos peligrosos podrán contratar una empresa prestadora de servicios de residuos sólidos debidamente registrada ante el Ministerio de Salud, la misma que, a partir del recojo, asumirá la responsabilidad por las consecuencias derivadas del manejo de dichos residuos.

23.3 El generador será considerado responsable cuando se demuestre que su negligencia o dolo contribuyó a la generación del daño. Esta responsabilidad se extiende durante la operación de todo el sistema de manejo de los residuos sólidos peligrosos hasta por un plazo de veinte años, contados a partir de la disposición final.

#### **Artículo 24°.- Envases de sustancias o productos peligrosos**

Los envases que han sido utilizados para el almacenamiento o comercialización de sustancias o productos peligrosos y los productos usados o vencidos que puedan causar daños a la salud o al ambiente son considerados residuos peligrosos y deben ser manejados como tales, salvo que sean sometidos a un tratamiento que elimine sus características de peligrosidad, de acuerdo con lo establecido en el Artículo 22° de la presente Ley y sus normas reglamentarias. Los fabricantes, o en su defecto, los importadores o distribuidores de los mismos son responsables de su recuperación cuando sea técnica y económicamente factible o de su manejo directo o indirecto, con observación de las exigencias sanitarias y ambientales establecidas en esta Ley y las normas reglamentarias vigentes o que se expidan para este efecto.

#### **Artículo 25°.- Seguro contra riesgos**

Las autoridades sectoriales competentes podrán disponer que las entidades generadoras o responsables del manejo de residuos sólidos peligrosos contraten una póliza de seguro que cubra las operaciones de manejo de los mismos, desde la generación hasta su disposición final, incluyendo, de ser necesario, los residuos que son almacenados para su posterior reaprovechamiento, cuando prevean riesgos significativos que pongan en peligro la salud de la población o la calidad ambiental.

### **TÍTULO IV**

#### **PRESTACIÓN DE LOS SERVICIOS DE RESIDUOS SÓLIDOS**

#### **Artículo 26°.- Fomento de la participación privada**

El Estado prioriza la prestación privada de los servicios de residuos sólidos, del ámbito de la gestión municipal y no municipal, bajo criterios empresariales y de sostenibilidad de la prestación, eficiencia, calidad, continuidad y la mayor cobertura de los servicios, así como de prevención de impactos sanitarios y ambientales negativos. La prestación de estos servicios de residuos sólidos se rige por los lineamientos de política establecidos en el Artículo 4°.

#### **Artículo 27°.- Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos**

27.1 La prestación de servicios de residuos sólidos se realiza a través de las Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS), constituidas prioritariamente como empresa privada o mixta con mayoría de capital privado. Para hacerse cargo de la prestación de servicios de residuos sólidos, las EPS-RS deberán estar

debidamente registradas en el Ministerio de Salud y deberán contar con un ingeniero sanitario colegiado calificado para hacerse cargo de la dirección técnica de las prestaciones. Las EPS-RS deberán contar con equipos e infraestructura idónea para la actividad que realizan.

27.2 La prestación de servicios de residuos sólidos por pequeñas y microempresas estará restringida a los residuos del ámbito de la gestión municipal, conforme a las disposiciones reglamentarias que al efecto se dicten para promover su participación.

#### **Artículo 28°.- Obligaciones de las EPS-RS**

Son obligaciones de las EPS-RS las siguientes:

1. Inscribirse en el Registro de Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos del Ministerio de Salud.
2. Brindar a las autoridades competentes y a los auditores correspondientes las facilidades que requieran para el ejercicio de sus funciones de fiscalización.
3. Ejercer permanentemente el aseguramiento de la calidad de los servicios que presta.
4. Contar con un sistema de contabilidad de costos, regido por principios y criterios de carácter empresarial.
5. Contar con un plan operativo en el que se detalle el manejo específico de los residuos sólidos, según tipo y características particulares.
6. Suscribir y entregar los documentos señalados en los Artículos 37°, 38° y 39° de esta Ley.
7. Manejar los residuos sólidos de acuerdo a las disposiciones establecidas en esta Ley y sus normas reglamentarias.

#### **Artículo 29°.- De los contratos**

Los contratos de prestación de servicios de residuos sólidos estarán sujetos a criterios técnico-sanitarios y ambientales.

Los contratos de prestación de servicios de residuos sólidos deberán contener los siguientes aspectos:

1. El derecho de prestación total o parcial que se otorga.
2. El ámbito de la prestación.
3. El plazo de duración del contrato de los residuos del ámbito de la gestión municipal, el cual en ningún caso será menor de dos años, con excepción de las situaciones de emergencia sanitaria o desastres oficialmente declarados, en los que se podrá suscribir contratos por un plazo menor.
4. Los parámetros de calidad técnica, sanitaria y ambiental del servicio objeto del contrato.
5. Las condiciones de prestación del servicio en caso de contingencia, emergencia sanitaria o desastre.
6. Las penalidades por incumplimiento del contrato.
7. Las garantías que ofrecen las partes para el cumplimiento de sus obligaciones.

#### **Artículo 30°.- Cobros diferenciados por prestaciones municipales**

Las municipalidades podrán cobrar derechos adicionales por la prestación de los servicios de los residuos sólidos indicados en el Artículo 9°, cuando su volumen exceda el equivalente a 50 litros de generación diaria aproximada, por domicilio o comercio. Las municipalidades provinciales podrán dictar normas específicas para regular la aplicación de esta disposición.

#### **Artículo 31°.- EIA y PAMA**

El manejo de residuos sólidos es parte integrante de la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA). A partir de la vigencia de esta norma, los referidos instrumentos serán formulados con observancia de las disposiciones reglamentarias de la presente Ley y, en particular, de los siguientes aspectos:

1. Prevención y control de riesgos sanitarios y ambientales.
2. Criterios adoptados y características de las operaciones o procesos de manejo, de acuerdo a lo establecido en el Artículo 14°.

#### **Artículo 32°.- Construcción de infraestructura**

32.1 Los proyectos de infraestructura de tratamiento, transferencia y relleno sanitario de residuos sólidos deben ser aprobados por la Comisión Técnica Municipal de Calificación de Proyectos de la Municipalidad Provincial correspondiente, o la instancia que cumpla las funciones de ésta, con la debida presentación del EIA respectivo, previamente aprobado por la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud y la opinión técnica favorable del proyecto, emitida por este organismo y por la Dirección General de Medio Ambiente del Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción.

32.2 La construcción y operación de infraestructura para el manejo de residuos sólidos industriales al interior de las concesiones de extracción o aprovechamiento de recursos naturales serán autorizadas por las autoridades sectoriales competentes, informando lo actuado a la DIGESA.

#### **Artículo 33°.- Barrera sanitaria**

33.1 Destinar en todo relleno sanitario un área perimetral que actúe exclusivamente como barrera sanitaria. En dicha área se implantarán barreras naturales o artificiales que contribuyan a reducir los impactos negativos y proteger a la población de posibles riesgos sanitarios y ambientales.

33.2 El uso de las áreas ocupadas por rellenos sanitarios después de su cierre deberá ser previamente autorizado por la DIGESA del Ministerio de Salud.