



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS



**MEJORAMIENTO DEL SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL DE  
RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN EL MUNICIPIO DEL  
DISTRITO Y PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE  
CAJAMARCA, PERÚ**

**Trabajo fin de máster**

**Máster Universitario en Ingeniería Ambiental  
Curso 2015-2017**

**Presentado por:**

Huaccha Castillo Annick Estefany

**Tutor:**

Barat Baviera Ramón

**Cotutor:**

Borras Falomir Luis

*Valencia, mayo de 2017*

## **AGRADECIMIENTO**

---

A Dios por su infinito amor que me ha permitido cumplir con todas las metas propuestas.

A mis padres y demás familiares, quienes con sus fuerzas de voluntad, carácter y confianza proyectadas en mí permitieron el desarrollo de mis objetivos.

A la gran virtud y sabiduría impartida por los catedráticos con los que cuenta la Universidad Politécnica de Valencia, en donde se seguirán forjando profesionales competentes.

A mis tutores, a quienes agradezco la dedicación, la paciencia y los amplios conocimientos que me ha podido brindar durante el desarrollo del presente trabajo.

A la Municipalidad Provincial de Jaén y a la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental, por el apoyo brindado y facilidades para llevar a cabo este trabajo de investigación.

## **RESUMEN**

---

Asegurar un nivel adecuado de salubridad en las personas, constituye para los gobiernos locales, uno de los retos más grandes que afrontar. Uno de estos desafíos lo constituye la gestión adecuada de la creciente generación de residuos sólidos urbanos, que vienen causando efectos nocivos, algunas veces irreversibles, en los recursos agua, aire y suelo y que además pone en riesgo a la salud e integridad de las personas; ello exige desarrollar e implementar propuestas que aborden el problema de manera integral, desde un enfoque que incorpore la participación de la comunidad, el gobierno y las instituciones locales así como del aporte del sector privado.

Específicamente en la ciudad de Jaén, la generación de residuos, así como su inadecuada recogida, tratamiento y disposición final, han dado como resultado un incremento en los niveles de contaminación, sumado al incumplimiento de normas ambientales; por tanto, resulta necesario implementar las acciones oportunas encaminadas hacia la gestión sostenible de los residuos sólidos urbanos.

El presente trabajo final de máster, está orientado a la mejora de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el municipio del distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, Perú a partir del análisis de sus condiciones sociales, administrativas y gerenciales, mediante una propuesta que abarca el fortalecimiento de la gestión municipal, la sensibilización ambiental y participación efectiva de la población, y la mejora de la calidad de la gestión de los residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final.

### **Palabras claves:**

Residuos, Residuos Sólidos Urbanos, Gestión Integral.

## **RESUM**

---

Assegurar un nivell adequat de salubritat en les persones, constitueix per als governs locals, un dels reptes més grans d'afrontar. Un d'aquests reptes el constitueix una gestió adequada de la creixent generació de residus sòlids urbans, que vénen causant efectes nocius, algunes vegades irreversibles, en els recursos aigua, aire i sòl i que a més posen en risc la salut i integritat de les persones ; això exigeix desenvolupar i implementar propostes que aborden el problema de manera integral, des d'un enfocament que incorpori la participació de la comunitat, el govern i les institucions locals així com de l'aportació del sector privat.

Específicament a la ciutat de Jaén, la generació de residus, així com la seva inadequada recollida, tractament i disposició final, han donat com a resultat un increment en els nivells de contaminació, sumat a l'incompliment de normes ambientals; per tant, resulta necessari implementar les accions oportunes encaminades cap a la gestió sostenible dels residus sòlids urbans.

El present treball final de màster, està orientat a la millora de la gestió integral dels residus sòlids urbans al municipi del districte i província de Jaén, departament de Cajamarca, Perú a partir de l'anàlisi de les seves condicions socials, administratives i gerencials, mitjançant una proposta que abasta l'enfortiment de la gestió municipal, la sensibilització ambiental i participació efectiva de la població, i la millora de la qualitat de la gestió dels residus sòlids, des de la seva generació fins a la seva disposició final.

### **Paraules claus:**

Residus, Residus Sòlids Urbans, Gestió Integral.

**ABSTRACT**

---

Ensuring an adequate level of health in people is one of the greatest challenges for local governments. One of these challenges is the adequate management of the growing generation of solid urban waste, which has been causing harmful effects, sometimes irreversible in resources such as water, air and soil, which also puts at risk the health and integrity of people; this requires developing and implementing proposals that address the problem in an integrated way, from an approach that incorporates the participation of the community, the government and local institutions as well as the contribution of the private sector.

Specifically in the city of Jaén, the generation of waste, as well as its inadequate collection, treatment and final disposal, have resulted in an increase in the pollution levels, together with non-compliance with environmental standards; therefore, it is necessary to implement appropriate actions aimed at the sustainable management of solid urban waste.

This final master's work is aimed at improving the integral management of solid urban waste in the municipality of the district and province of Jaén, department of Cajamarca, Peru from the analysis of its social, administrative and managerial conditions, through a proposal that includes strengthening of the municipal management, environmental awareness and effective participation of the population, and improving the quality of solid waste management from generation to final disposal.

**Keywords:**

Waste, Urban Solid Waste, Integral Management.

## ÍNDICE

	Pág.
<b>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	3
1.2 MARCO LEGAL.....	4
1.3 MARCO TEÓRICO.....	11
<b>CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA .....</b>	<b>21</b>
2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	21
2.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y SOCIALES.....	22
2.3 ESTRUCTURA ECONÓMICA.....	25
2.4 ASPECTOS FÍSICOS.....	26
<b>CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE JAÉN .....</b>	<b>30</b>
3.1 DIAGNÓSTICO GENERAL.....	30
3.2 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL.....	31
3.3 ASPECTOS GERENCIALES Y ADMINISTRATIVOS.....	38
3.4 ASPECTOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS DE LA GESTIÓN MUNICIPAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	41
3.5 ASPECTOS POBLACIONALES.....	49
<b>CAPÍTULO 4: PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS .....</b>	<b>50</b>
4.1 MODALIDAD DE GESTIÓN.....	50
4.2 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA.....	50
4.3 EJE N° 01: FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN MUNICIPAL.....	52
4.4 EJE N° 02: SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN LA POBLACIÓN.....	54
4.5 EJE N° 03: MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	63
<b>CAPÍTULO 5: RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS .....</b>	<b>65</b>
5.1 SISTEMAS DE RECOGIDA DOMICILIARIA.....	65
5.2 MODELOS DE RECOGIDA SELECTIVA.....	66
5.3 ELECCIÓN DEL MODELO DE RECOGIDA SELECTIVA DE RSU.....	67
5.4 SISTEMA DE CARGA Y TRANSPORTE DE RESIDUOS - SISTEMA DE CAJA FIJA.....	71
5.5 DISEÑO DE LA RED DE RECOGIDA SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	72
<b>CAPÍTULO 6: TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....</b>	<b>80</b>
6.1 LOCALIZACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE RSU.....	81
6.2 DEMANDA DE TRATAMIENTO DE LOS RSU.....	81

6.3	RESIDUOS QUE SERÁN TRATADOS.....	82
6.4	FUNCIONES DE LA ETAPA DE TRATAMIENTO.....	82
6.5	INSTALACIONES QUE CONTEMPLA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RSU.....	83
6.6	INSTALACIÓN DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES (IRM).....	84
6.7	PLANTA DE COMPOSTAJE.....	99
6.8	BALANCE GENERAL DE MATERIA.....	115
6.9	TECNOLOGÍAS COMPLEMENTARIAS EN EL TRATAMIENTO DE LOS RSU.....	116
6.10	OBRAS COMPLEMENTARIAS.....	119
<b>CAPÍTULO 7: DISPOSICIÓN FINAL DE RECHAZO A VERTEDERO CONTROLADO/ RELLENO SANITARIO .....</b>		<b>121</b>
7.1	CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO SELECCIONADO.....	122
7.2	GENERALIDADES DEL VERTEDERO CONTROLADO A INSTALAR.....	128
7.3	CRITERIOS DE DISEÑO.....	130
7.4	CRITERIOS DE EXPLOTACIÓN.....	135
7.5	CONSTRUCCIONES AUXILIARES.....	137
7.7	RECUPERACIÓN Y UTILIZACIÓN POSTERIOR DEL VERTEDERO.....	139
7.8	CONTROL Y VIGILANCIA EN LA FASE DE EXPLOTACIÓN Y POST CIERRE.....	140
<b>CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FUTURAS.....</b>		<b>143</b>
8.1	CONCLUSIONES.....	143
8.2	RECOMENDACIONES FUTURAS.....	145
<b>BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS DIGITALES CONSULTADAS .....</b>		<b>146</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>149</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1 Esquema general del sistema de gestión de RSU. ....	15
Figura N° 2 Pirámide de población de la zona urbana de la ciudad de Jaén. ....	24
Figura N° 3 Distribución porcentual de la población económicamente activa en la ciudad de Jaén.....	25
Figura N° 4 Instrumentos de gestión ambiental de la MPJ. ....	31
Figura N° 5 Organigrama de la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental. ....	40
Figura N° 6 Tipos de fraccionamiento en origen. ....	69
Figura N° 7 Trazado de itinerario ....	78
Figura N° 8 Composición porcentual de los materiales a tratar. ....	82
Figura N° 9 Ruta del modelo de la Instalación de recuperación de materiales. ....	85
Figura N° 10 Diseño de foso de almacenamiento. ....	87
Figura N° 11 Tolva de conducto de alimentación de residuos. ....	88
Figura N° 12 Criba tipo trómel de 80 mm. ....	90
Figura N° 13 Espacios horizontales antropométricos para un banco de trabajo. ....	93
Figura N° 14 Espacios verticales antropométricos en un banco de trabajo. ....	93
Figura N° 15 Zona de triaje o recuperación de materiales. ....	95
Figura N° 16 Cabinas de almacenamiento con piso móvil. ....	96
Figura N° 17 Separador de metal férreo.....	96
Figura N° 18 Separación de metal no férreo del rechazo.....	97
Figura N° 19 Ruta del modelo de la Planta de compostaje. ....	104
Figura N° 20 Diseño de foso de almacenamiento. ....	105
Figura N° 21 Tolva de alimentación de residuos. ....	107
Figura N° 22 Trituradora móvil de residuos a compostar. ....	109
Figura N° 23 Maquinaria de volteo y riego.....	111
Figura N° 24 Diseño de pila de fermentación. ....	111
Figura N° 25 Separador densimétrico. ....	113
Figura N° 26 Biofiltro de lecho fijo-BLF.....	117
Figura N° 27 Vista del área de disposición final.....	122
Figura N° 28 Diseño del método de vertido en trinchera.....	129
Figura N° 29 Cuneta perimetral pluvial típico de un vertedero controlado. ....	130
Figura N° 30 Tipos de materiales geosintéticos.....	132
Figura N° 31 Red de recogida de lixiviados en forma de espina de pescado.....	133
Figura N° 32 Barrera geológica artificial y revestimiento artificial.....	134

Figura N° 33 Sistema de capas para la impermeabilización de fondo y paredes de la balsa de lixiviados.....	134
Figura N° 34 Representación esquemática de una red de captación de biogás.....	135
Figura N° 35 Manipulador telescópico y camión cama baja.....	136
Figura N° 36 Cubierta final del vertedero.....	137

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1 Tipos de residuos sólidos urbanos según la fuente de origen. ....	13
Tabla N° 2 Dinámica poblacional. ....	22
Tabla N° 3 Tasa de crecimiento poblacional y migratorio de la población urbana. ....	22
Tabla N° 4 Población urbana del distrito de Jaén por grupos de edad, al año 2007 .....	23
Tabla N° 5 Situación de pobreza en el distrito de Jaén .....	24
Tabla N° 6 Registro de temperatura media mensual (°C) de la Estación Jaén, en los años 2007, 2008 y 2016.....	26
Tabla N° 7 Registro de humedad relativa mensual (%) de la Estación Jaén, en el periodo comprendido entre enero 2007 y diciembre 2008.....	27
Tabla N° 8 Registro de precipitación total mensual (mm) de la Estación Jaén, en el periodo comprendido entre enero 2007 y diciembre 2008.....	27
Tabla N° 9 Estado de conservación de las vías de la ciudad de Jaén al 2013.....	29
Tabla N° 10 Objetivos estratégicos del PIGARS JAÉN, 2015.....	34
Tabla N° 11 Composición de los residuos sólidos municipales.....	36
Tabla N° 12 Avances del Programa hasta julio del año 2016.....	37
Tabla N° 13 Canasta de precios de residuos reciclables para el 2016.....	38
Tabla N° 14 Estudio del mercado local de residuos comercializables, 2016.....	38
Tabla N° 15 Personal del servicio de limpieza pública.....	41
Tabla N° 16 Generación de residuos solidos no domiciliarios. ....	42
Tabla N° 17 Tasa de crecimiento de la población.....	42
Tabla N° 18 Proyección de población al año 2017.....	42
Tabla N° 19 Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios al 2015.....	43
Tabla N° 20 Barrido de calles.....	45
Tabla N° 21 Equipamiento vehicular de la Municipalidad para el servicio de recogida.....	46
Tabla N° 22 Puntos críticos de acumulacion de residuos sólidos urbanos.....	48
Tabla N° 23 Características de los modelos seleccionados.....	70
Tabla N° 24 Organización de la recogida de residuos.....	73
Tabla N° 25 Aplicación de metodología en sitema de caja fija SCF, para el Modelo 1 de recogida selectiva de los RSU.....	75
Tabla N° 26 Optimización de la recogida selectiva de la fracción resto.....	76
Tabla N° 27 Personal .....	79
Tabla N° 28 Residuos solidos urbanos a recibir para tratamiento.....	81
Tabla N° 29 Cantidad de residuos a tratar.....	82
Tabla N° 30 Balance de materia de residuos compostables.....	109

Tabla N° 31 Consideraciones en el diseño del área de fermentación.....	110
Tabla N° 32 Contenido de humedad en la mezcla. ....	110
Tabla N° 33 Balance de materia en afino del compost. ....	112
Tabla N° 34 Consideraciones en el diseño del área de maduración.....	113
Tabla N° 35 Balance de materia de IRM. ....	115
Tabla N° 36 Balance de materia de Planta de compostaje. ....	116
Tabla N° 37 Rechazo a disposición final en relleno sanitario.....	116
Tabla N° 38 Calicatas Exploratorias de la zona para la disposición final de residuos sólidos. ....	123
Tabla N° 39 Resultados de las investigaciones geognósticas. ....	124
Tabla N° 40 Ubicación de SEV.....	125
Tabla N° 41 Espeso mínimo (m) recomendado de capa de arcilla para la impermeabilización de la base.....	131
Tabla N° 42 Volumen, superficie y vida útil de vaso de vertedero.....	138
Tabla N° 43 Frecuencia de toma de muestras para control y monitoreo de lixiviado, agua superficial, y gases. ....	141

## SIGLAS Y ACRÓNIMOS

BID	Banco Interamericano de Desarrollo
C/N	Relación carbono nitrógeno
CONAMA	Consejo Nacional del Ambiente
CRC	Camión recolector compactador
CTI	Cooperación Técnica Internacional
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno.
DIGESA	Dirección General de Salud Ambiental
ECRRSS	Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos
EFA	Entidad de Evaluación y Fiscalización Ambiental
FORM	Fracción Orgánica de Residuos Municipales
GPC	Generación Per Cápita.
IRM	Instalación de Recuperación de Materiales
JICA	Japan International Cooperation
LGA	Ley General del Ambiente.
LGRSS	Ley General de Residuos Sólidos.
MEF	Ministerio de Economía y Finanzas
MINAM	Ministerio del Ambiente.
MPJ	Municipalidad Provincial de Jaén
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
PCM	Presidencia del Consejo de Ministros
PEAD	Polietileno de Alta Densidad.
PEBD	Polietileno de Baja Densidad.
PET	Polietileno tereftalato
PIGARS	Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos.
PLANAA	Plan Nacional de Acción Ambiental
PLANRES	Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos
PNA	Política Nacional del Ambiente.
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PVC	Policloruro de vinilo.
RAEE	Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos
RCD	Residuos de Construcción y Demolición
RLGRSS	Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos.
RRSS	Residuos Sólidos.
RSU	Residuos Sólidos Urbanos
SCF	Sistema de Caja Fija.
SINEFA	Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental
SNGA	Sistema Nacional de Gestión Ambiental.

## CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En Perú, el Ministerio del Ambiente (en adelante, MINAM) ha centrado sus esfuerzos con el objetivo de mejorar la calidad ambiental a nivel nacional, incorporando la gestión integral de residuos sólidos. En ese sentido, ha elaborado el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024 (en adelante PLANRES), en cual describe la situación actual del manejo de los residuos sólidos.

Perú durante el año 2014 generó un total de 7 497 482 t/año de residuos urbanos municipales, de los cuales un 64% son residuos domiciliarios y un 26 % son residuos no domiciliarios. Respecto a la composición de residuos sólidos generados en el 2014, es importante resaltar que el 53 % de los residuos sólidos son materia orgánica, el 19 % son residuos no reaprovechables, el 29 % pertenece a residuos reaprovechables y reciclables. Del total de la generación de residuos sólidos municipales al 2014, sólo 3 309 712 toneladas, menos del 50% fueron dispuestos en relleno sanitario tal como indica la normativa vigente; siendo el remanente dispuesto inadecuadamente<sup>1</sup>.

Según la legislación vigente las municipalidades provinciales deben regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial; así como las municipalidades distritales debe proveer el servicio de limpieza pública determinando áreas de acumulación de residuos, rellenos sanitarios y del reaprovechamiento de residuos<sup>2</sup>.

Actualmente, el principal problema del manejo de residuos sólidos en el Perú es la escasez de lugares adecuados destinados a su disposición final, se estima que el país requiere de 190 infraestructuras para la disposición final de residuos sólidos, sin embargo, en el año 2014 existían solo 11 rellenos sanitarios con los permisos y autorizaciones correspondientes, y 10 instalaciones para la disposición de residuos del ámbito no municipal<sup>3</sup>.

El MINAM con apoyo del Ministerio de Economía y Finanzas (en adelante, MEF) trabaja en conjunto con los gobiernos locales desde el año 2014, para la implementación de un programa de disposición final segura de residuos sólidos recolectados por el servicio municipal dentro del marco del Plan de incentivos de la mejora de la gestión y modernización municipal (Decreto Supremo N° 015-2014-EF).

---

<sup>1</sup> MINAM, 2015. Información reportada por los gobiernos locales, y Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos.

<sup>2</sup> Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades  
Artículo 80.- Saneamiento, Salubridad y Salud.

<sup>3</sup> MINAM, 2014. “VI Informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013”.

Desde el año 2011, el MINAM viene promoviendo la implementación de Programas de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios; y desde el año 2013 promueve la implementación del Programa de disposición final segura de residuos sólidos municipales. Ambas acciones se llevan a cabo en el marco del Programa de incentivos a la mejora de la gestión municipal; e implican la asistencia técnica y el acompañamiento a los gobiernos locales participantes. A través de estos programas, se ha logrado que al año 2015, sean 176 municipalidades quienes hayan cumplido las metas establecidas, estando dentro de ellas el municipio de Jaén.

Por otro lado, la gestión administrativa se realiza principalmente por administración directa, con un 93%, un 6% es mixta y solo un 1% es tercerizada. Otro punto importante en la gestión administrativa es el aspecto financiero, al hacerse un comparativo entre los gastos e ingresos por el manejo de los residuo, desde el año 2009 hasta el 2013 se aprecia que cada vez hay una brecha mayor, si bien la recaudación se ha ido incrementando, esta no ha sido significativa para cubrir los gastos que año a año también son incrementados. Para el año 2013, se tiene un ingreso de 440 millones de soles contra un egreso de 930 millones<sup>4</sup>, por lo que se ha recurrido a la realización de análisis ambiental de Perú por especialistas nacionales e internacionales liderados por el Banco Mundial, para apoyar los esfuerzos del gobierno peruano hacia la obtención de la integración de los principios del desarrollo sostenible<sup>5</sup>.

En particular, en la Municipalidad provincial de Jaén (en adelante MPJ), la débil política de mejoramiento de su infraestructura vial, la creación de nuevas habilitaciones urbanas, la instalación de medianas y grandes empresas, y la inadecuada gestión de los residuos sólidos, han dado como resultado un incremento en los niveles de contaminación que se asocia a la baja calidad de vida de la población urbana. Sin embargo, el manejo, implementación y equipamiento para el problema de contaminación por los residuos, no ha sido suficiente, lo cual se manifiesta en una deficiente gestión.

Actualmente la MPJ ha priorizado y está interesada en mejorar la gestión de los residuos sólidos; problemática que por su naturaleza, requiere de estrategias que permitan fortalecer la infraestructura, comunicación, coordinación entre actores sociales e instituciones, y que involucre la sensibilización y toma de conciencia de la población, posibilitando un cambio de actitud positiva frente a la conservación del medio ambiente que lo rodea. Asimismo en cumplimiento al Plan de incentivos para la modernización y gestión municipal, la MPJ acordó con el MINAM, desarrollar voluntades técnicas y económicas para encarar este desafío; además de estar en la búsqueda del financiamiento y de las alianzas estratégicas con para desarrollar un proyecto de mejora en la gestión integral de los residuos sólidos municipales desde su generación hasta su

---

<sup>4</sup> MINAM, 2014. “VI Informe nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal 2013”.

<sup>5</sup> Banco Mundial 2007, Análisis Ambiental del Perú: Retos para un desarrollo sostenible.

disposición final. Por tanto, resulta necesario implementar acciones oportunas que permitan una gestión sostenible de los residuos sólidos en la ciudad de Jaén, lo que implica por un lado, asegurar la infraestructura adecuada para tal fin y brindar el soporte logístico al servicio; y de otro lado, la participación efectiva de los ciudadanos en la solución de los problemas ambientales. Ello exige implementar mecanismos de coordinación entre los vecinos y el gobierno local.

## **1.1 OBJETIVOS.**

### **1.1.1 Objetivo general.**

“Mejorar la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en el municipio del distrito y provincia de Jaén, departamento de Cajamarca, Perú”, a partir del análisis de sus condiciones sociales, administrativas y gerenciales.

### **1.1.2 Objetivos específicos.**

La investigación aborda cuatro objetivos específicos, pero no menos importantes:

- Realizar el diagnóstico general de la situación actual de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Jaén.
- Fortalecer la gestión municipal como autoridad competente en la adecuada gestión de los residuos sólidos de la ciudad de Jaén.
- Elaborar una estrategia de sensibilización ambiental en la población de la ciudad de Jaén, para fortalecer la segregación en origen y la recogida selectiva de residuos sólidos urbanos.
- Determinar mecanismos de acción para la mejora de la calidad de gestión de los residuos sólidos urbanos, el cual involucre las etapas del ciclo de vida de los residuos sólidos, desde su generación hasta su disposición final.

Es por ello que en búsqueda del cumplimiento de los objetivos planteados, se ha desarrollado el presente informe, estructurado en diversos capítulos, tal y como se detalla a continuación: En la primera parte del trabajo, en el CAPÍTULO 1, se presenta el contexto a nivel nacional y local de la situación actual de la gestión de los residuos sólidos urbanos, se expone el planteamiento del problema, junto con los objetivos planteados en la investigación. Se hace referencia al marco legal sobre el que se sostienen las acciones planteadas. Seguidamente, se abordan los fundamentos teóricos de la investigación, detallando las bases conceptuales sobre los residuos sólidos urbanos (RSU), así como su proceso de gestión. Una vez identificadas las bases teóricas del tema en cuestión, en el CAPÍTULO 2 se describe el área de influencia del trabajo de investigación, tal como su ubicación, aspectos sociales, económicos y físicos, como base para el planteamiento de acciones de mejora. En el CAPÍTULO 3 se presenta el diagnóstico específico de la gestión actual de residuos sólidos urbanos en la ciudad de Jaén, así como los instrumentos y herramientas en

vigor, los aspectos gerenciales, administrativos, técnicos, operativos y poblacionales que hacen evidente la problemática ambiental.

El CAPÍTULO 4 se enfoca en la necesidad de planear urgentemente acciones y trabajo coordinado entre el gobierno local y la ciudadanía, desarrollando una propuesta con un enfoque prospectivo, viable y sostenible, que garantice las decisiones tomadas en el presente trabajo, cumpliendo con la normativa legal vigente, consiguiendo mejoras en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Jaén, y trayendo consigo la reducción de impactos ambientales, de costes operativos y el cambio de cultura ambiental en la sociedad. La estructura de la propuesta, se basa en, tres ejes. En el Eje N° 01, se abordan las acciones necesarias para el fortalecimiento de la gestión municipal; el Eje N° 02, desarrolla el sistema de sensibilización ambiental en la población, y por último el Eje N° 03, hace referencia a las acciones a realizar para el mejoramiento de la calidad de gestión de los RSU, desde la etapa de generación hasta su disposición final. Los dos primeros ejes se desarrollan por completo dentro de este capítulo. Respecto al Eje N° 03, se ha considerado necesario separar por capítulos desde la etapa de recogida hasta la disposición final de los RSU.

En el CAPÍTULO 5, se presenta el sistema de recogida y transporte de los RSU desde el punto de almacenamiento en dos fracciones: fermentable y resto, mediante modelos e itinerarios de recogida finalizando en el acceso a la planta de tratamiento. En el CAPÍTULO 6, se exponen las formas de tratamiento de los residuos según la fracción, estando conformado por la instalación de recuperación de materiales, y por la planta de compostaje. En el CAPÍTULO 7, se hace mención al vertedero controlado o relleno sanitario como método seleccionado para la disposición final de los rechazos generados en la planta de tratamiento, y finalmente, en el CAPÍTULO 8, se presentan las conclusiones y recomendaciones futuras que sistematizan los aspectos más importantes que se han desarrollado a lo largo del trabajo.

## **1.2 MARCO LEGAL.**

### **1.2.1 Normativa nacional.**

#### **Constitución Política del Perú, 1993.**

La Constitución Política de 1993, promulgada el 30 de diciembre de 1991, establece en su artículo 2, literal 22, “*Toda persona tiene derecho: (...) a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida*”. Asimismo, el artículo 67 establece que “*El Estado determina la política nacional del ambiente. Promueve el uso sostenible de sus recursos naturales*”.

#### **Decreto Supremo N° 012-2009-MINAM, Política Nacional del Ambiente.**

La Política Nacional del Ambiente (en adelante, PNA), es el instrumento de gestión ambiental que define los objetivos prioritarios, lineamientos, contenidos principales y estándares nacionales en materia ambiental que son de cumplimiento obligatorio para los tres niveles de gobierno (local,

regional y nacional), y de carácter orientador para el sector privado y la sociedad civil. El objetivo de la PNA es “mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo, así como el desarrollo sostenible del país, mediante la prevención, protección y recuperación del ambiente y sus componentes, la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, de manera responsable y congruente con el respeto de los derechos fundamentales de la persona”.

La PNA establece cuatro Ejes de Políticas<sup>6</sup>, en los que se acota que el adecuado manejo de los residuos sólidos contribuirá a la adopción de medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático, así como a una gestión integral de la calidad ambiental.

El Eje de Política 2: Gestión integral de la calidad ambiental, respecto a los residuos sólidos, establece diversos lineamientos, entre los cuales se destacan: “fortalecer la gestión de los gobiernos regionales y locales en materia de residuos sólidos de ámbito municipal, priorizando su aprovechamiento”; (...) “promover la inversión pública y privada en proyectos para mejorar los sistemas de recogida, operaciones de reciclaje, disposición final de residuos sólidos y el desarrollo de infraestructura a nivel nacional; asegurando el cierre o clausura de botaderos y otras instalaciones ilegales”; (...) “promover la formalización de los segregadores y recicladores y otros actores que participan en el manejo de los residuos sólidos”.

### **Decreto Supremo N° 014-2011-MINAM, aprueba el Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021.**

El Plan Nacional de Acción Ambiental 2011-2021 (PLANAA) es el principal instrumento de planificación ambiental nacional de largo plazo que se desarrolla sobre los mismos objetivos que la PNA pero que incluye, además, la visión del país en materia ambiental al año 2021, estableciendo las metas prioritarias, las acciones estratégicas y los responsables e indicadores para lograr dichos objetivos. Es así que, como parte de las metas prioritarias a lograrse en el 2021, se incluye el manejo adecuado de residuos sólidos y las acciones de mitigación frente al cambio climático.

En el caso de los residuos sólidos se establece como meta prioritaria para el año 2021 que el 100 % de los residuos sólidos del ámbito municipal sean manejados, reaprovechados y dispuestos adecuadamente. Para lograrlo, se establecen las siguientes metas específicas: a) Asegurar el adecuado tratamiento y disposición final de los residuos sólidos del ámbito municipal, para lograr que en el 2012 el 50 % de los residuos sólidos no reutilizables sean tratados y dispuestos de manera adecuada; llegar al 70 % en el año 2017 y en el año 2021 llegar a la meta del 100 %, b) Minimizar la generación y mejorar la segregación, recogida selectiva y reciclaje de residuos

---

<sup>6</sup> Eje de Política 1: Conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y de la diversidad biológica; Eje de Política 2: Gestión Integral de la calidad ambiental; Eje de Política 3: Gobernanza ambiental; y, Eje de Política 4: Compromisos y oportunidades ambientales internacionales.

sólidos del ámbito municipal, lográndose en el año 2012 el reciclaje del 30 % de los residuos reutilizables; en el año 2017 el 60 % y en el 2021 llegar a la meta del 100 %.

Por otro lado, se establece como objetivo para el año 2021 que todos los gobiernos regionales desarrollen e implementen estrategias de adaptación y mitigación al cambio climático.

#### **Resolución ministerial N° 191-2016-MINAM, Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024.**

El Consejo Nacional del Ambiente (en adelante, CONAM) en el año 2005 elaboró y aprobó el Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PLANRES), el cual estableció lineamientos, estrategias y actividades con el objetivo de mejorar las condiciones de la gestión y manejo de residuos sólidos a nivel nacional en el periodo 2005-2014.

El MINAM, vio la necesidad de la actualización del PLANRES,2005-2014 con el fin de establecer un marco de trabajo para el periodo 2016-2024 hacia el cumplimiento de las metas del PLANAA para el año 2021 e incorporar las nuevas prioridades e intervenciones a ser abordadas desde el ámbito nacional.

Con resolución ministerial N° 191-2016-MINAM, se aprueba el PLANRES 2016-2024, el cual permitirá contar con un marco de trabajo sobre la gestión integral de residuos a nivel nacional, constituyéndose en un instrumento que permitirá articular los esfuerzos de los tres niveles de gobierno (nacional, regional y local) según sus competencias y funciones, así como facilitar la implementación de diversas iniciativas o programas.

#### **Ley N° 27972, Ley Orgánica de Municipalidades.**

Las municipalidades, en materia de saneamiento, tienen como función regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito de su respectiva provincia.

#### **Ley N° 28611, Ley General del Ambiente.**

Establece los principios y normas básicas para asegurar el efectivo ejercicio del derecho a un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida.

Ley General del Ambiente (en adelante, LGA), es la norma marco en materia de gestión ambiental en el Perú. La LGA establece que *“Toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes”*.

**Ley N° 29325, Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental y su modificatoria la Ley N° 30011**

Tiene por objeto crear el Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental (en adelante SINEFA), el cual está a cargo del Organismo de evaluación y fiscalización ambiental (en adelante OEFA) como ente rector.

El OEFA es un organismo técnico especializado<sup>7</sup> con personería jurídica de derecho público interno, creado el año 2008 mediante el Decreto Legislativo N° 1013, adscrito al MINAM, que ejerce funciones de evaluación, fiscalización, supervisión y sanción en materia ambiental. Asimismo está dotado de facultad legislativa dentro del marco del SINEFA y de supervisión a las EFAs<sup>8</sup>

**Ley N° 26842, Ley General de Salud.**

Establece que toda persona natural o jurídica, está impedida de efectuar descargas de desechos o sustancias contaminantes en el agua, el aire o el suelo, sin haber adoptado las precauciones de depuración en la forma que señalan las normas sanitarias y de protección del ambiente. Si la contaminación del ambiente significa riesgo o daño a la salud de las personas, la Autoridad de Salud dictará las medidas de prevención y control indispensables para que cesen los actos o hechos.

**Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, su Reglamento el Decreto Supremo N° 057-2004-PCM y su Modificatoria el Decreto Legislativo N° 1065.**

La Ley General de Residuos Sólidos (en adelante, LGRRSS), y su reglamento (en adelante, RLGRSS) regulan la gestión de los residuos sólidos en el país con el fin de asegurar su manejo de manera sanitaria y ambientalmente adecuada, con sujeción a los principios de minimización, prevención de riesgos ambientales, protección de la salud y el bienestar del ciudadano.

La LGRRSS y su reglamento son aplicables a las actividades, procesos y operaciones de la gestión y manejo de residuos sólidos, desde la etapa de generación hasta su disposición final, incluyendo las distintas fuentes de generación de los mismos. En ese sentido, se define a los residuos sólidos como *“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 regulación nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente”*<sup>9</sup>.

---

<sup>7</sup> Artículo 33, de la Ley Orgánica del Poder Ejecutivo (N° 29158) - Los Organismos Técnicos Especializados

<sup>8</sup> EFAS – Entidades de Fiscalización Ambiental Nacionales, regionales o locales son aquellas entidades que están facultadas con competencias para la fiscalización ambiental.

<sup>9</sup> Artículo 14, de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos.

Los residuos sólidos se clasifican en ocho clases de acuerdo a su origen, dentro de las cuales se podrá establecer una sub-clasificación en función de su peligrosidad o características específicas<sup>10</sup>.

La gestión de los residuos sólidos se divide en dos sectores:

- **Ámbito de gestión municipal<sup>11</sup>:** Corresponde a los *“residuos de origen domiciliario, comercial y de aquellas actividades que generen residuos similares a estos”*. La gestión de estos residuos es de responsabilidad del municipio desde el momento en que el generador los entrega a los operarios de la entidad responsable de la prestación del servicio de residuos sólidos, o cuando los dispone en el lugar establecido por dicha entidad para su recogida.
  - **Residuos domiciliarios<sup>12</sup>:** son definidos como *“como aquellos residuos generados en las actividades domésticas realizadas en los domicilios, constituidos por restos de alimentos, periódicos, revistas, botellas, embalajes en general, latas, cartón, pañales descartables, restos de aseo personal y otros similares”*.
  - **Residuos comerciales<sup>13</sup>:** Definidos como *“aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, oficinas de trabajo, entre otras actividades comerciales y laborales análogas. Estos residuos están constituidos mayormente por papel, plásticos, embalajes diversos, restos de aseo personal, latas, entre otros similares”*.
- **Ámbito de gestión no municipal;** Corresponde a aquellos de carácter peligroso y no peligroso, generados en las áreas productivas e instalaciones industriales o especiales; y son regulados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos reguladores competentes. No comprenden aquellos residuos similares a los domiciliarios y comerciales generados por dichas actividades. Su disposición final se realiza en rellenos de seguridad, los que pueden ser de dos tipos<sup>14</sup>: (i) Relleno de seguridad para residuos peligrosos, en donde se podrán manejar también residuos no peligrosos. (ii) Relleno de seguridad para residuos no peligrosos.

El artículo 14 de la LGRRSS, también establece que el manejo de residuos sólidos debe realizarse a través de un sistema que incluya las siguientes operaciones o procesos: 1. Minimización de

---

<sup>10</sup> Artículo 15, de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos.

<sup>11</sup> Cf. Décima disposición complementaria, transitoria y final y Artículo 22 del Reglamento de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM.

<sup>12</sup> Décima disposición complementaria, transitoria y final del Reglamento de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos.

<sup>13</sup> Décima disposición complementaria, transitoria y final del reglamento de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos.

<sup>14</sup> Artículo 83 del Reglamento de la Ley N° 27314 - Ley general de residuos sólidos.

residuos, 2. Segregación en la fuente, 3. Reaprovechamiento, 4. Almacenamiento, 5. Recogida, 6. Comercialización, 7. Transporte, 8. Tratamiento, 9. Transferencia, 10. Disposición final.

El artículo 77 del RLGRSS, señala que el tratamiento de los residuos sólidos está orientado a reaprovechar los residuos, entendiéndose por reaprovechamiento: *“Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización”*. Asimismo, se entiende por recuperación: *“Toda actividad que permita reaprovechar partes de sustancias o componentes que constituyan residuo sólido”*.

Cabe señalar que el artículo 79 del RLGRSS hace mención a las operaciones de tratamiento de residuos del ámbito de gestión municipal: *“La instalación de tratamiento centralizada de residuos del ámbito de gestión municipal, según corresponda incluye algunas de las siguientes operaciones: 1. Segregación mecanizada, semimecanizada o manual de los elementos constitutivos de los residuos adoptándose las necesarias medidas de salud ocupacional a fin de minimizar los riesgos derivados; 2. Compactación o embalaje de los residuos para que el transporte, reaprovechamiento, comercialización o disposición final sea más eficiente; 3. Biodegradación de la fracción orgánica de los residuos con fines de producción de energía o de un mejorador de suelo; 4. Uso de la fracción orgánica para la producción de humus a través de la crianza de lombrices, o para el desarrollo de prácticas de compostaje; 5. Tratamiento térmico de la fracción orgánica de los residuos a fin de emplearlos como alimento de animales; y, 6. Otras operaciones de tratamiento, que se puedan diseñar e implementar y que cumplan con los requisitos del Reglamento y normas emitidas al amparo de éste”*.

Respecto a la etapa de disposición final, el artículo 82 del RLGRSS, establece que *“La disposición final de residuos del ámbito de gestión municipal se realiza mediante el método de relleno sanitario. La disposición final de residuos del ámbito de gestión no municipal se realiza mediante el método de relleno de seguridad”*. Asimismo los métodos de relleno sanitario se clasifican en:

- a. Relleno sanitario manual: cuya capacidad de operación diaria no exceda a veinte 20 t.
- b. Relleno sanitario semi-mecanizado: cuya capacidad diaria no exceda a 50 t.
- c. Relleno sanitario mecanizado: cuya capacidad de operación diaria es mayor a 50 t.

Las instalaciones mínimas en un relleno sanitario según el artículo 85 del RLGRSS, son *“1. Impermeabilización de la base y los taludes del relleno para evitar la contaminación ambiental por lixiviados ( $k \leq 1 \times 10^{-6}$  y una profundidad mínima de 0.40 m) salvo que se cuente con una barrera geológica natural para dichos fines, lo cual estará sustentado técnicamente; 2. Drenes de lixiviados con planta de tratamiento o sistema de recirculación interna de los mismos; 3. Drenes y chimeneas de evacuación y control de gases; 4. Canales perimétricos de intersección y evacuación de aguas de escorrentía superficial; 5. Barrera sanitaria (cerco vivo); 6. Pozos para el*

monitoreo del agua subterránea a menos que la autoridad competente no lo indique, teniendo a vista el sustento técnico; 7. Sistemas de monitoreo y control de gases y lixiviados; 8. Señalización y letreros de información; 9. Sistema de pesaje y registro; 10. Construcciones complementarias como: caseta de control, oficina administrativa, almacén, servicios higiénicos y vestuario; y, 11. Otras instalaciones mencionadas en el Reglamento y normas vigentes. Sin embargo, no se especifica la obligación de capturar el gas metano generado en dichas instalaciones.

#### **Ley N° 29332, Ley que crea el Plan de incentivos a la mejora de la gestión municipal.**

El Plan tiene por objeto, incrementar los niveles de recaudación de los tributos municipales, fortaleciendo la estabilidad y eficiencia en la percepción de los mismos, mejorar la ejecución de proyectos de inversión, considerando los lineamientos de política de mejora en la calidad del gasto; reducir, la desnutrición crónica infantil en el país; simplificar trámites; mejorar la provisión de servicios públicos y prevenir riesgos de desastres.

#### **Ley N° 29419, Ley que regula la actividad de los recicladores, y su reglamento el decreto supremo N° 005-2010-MINAM.**

Establece el marco normativo para la regulación de las actividades de los recicladores orientada a la protección, capacitación y promoción de su desarrollo social y laboral, promoviendo su formalización, asociación y contribuyendo con la mejora en el manejo de los residuos sólidos en el país, a través de las municipalidades distritales y provinciales.

Así se garantiza que los recicladores trabajarán en mejores condiciones y con derechos laborales como en cualquier otra actividad. Además esta ley supone la aprobación del acceso a la seguridad social para este colectivo, y permite la creación de un fondo de crédito para los recicladores, a cargo del Fondo Nacional de Ambiente, además un programa de formación nacional de recicladores a cargo del Ministerio del Ambiente.

Se considera recicladores a las personas que, de forma dependiente o independiente, se dedican a las actividades de recogida selectiva para el reciclaje, segregación y comercialización en pequeña escala de residuos sólidos no peligrosos.

#### **1.2.2 Normativa local.**

- Plan estratégico institucional municipal provincial de Jaén. Es la herramienta que busca dar direccionalidad a la gestión estratégica de mediano plazo del gobierno municipal y define el destino de la inversión pública para el periodo de la gestión, en la perspectiva de consolidar los objetivos estratégicos institucionales, siendo uno de ellos el de concienciar y educar a la población sobre la importancia del medio ambiente y la conservación de los recursos naturales, preservando la biodiversidad existente.
- Ordenanza municipal N° 020 – 2006 – MPJ, crea el Sistema local de gestión ambiental de la provincia de Jaén, cuyo objetivo es, establecer las bases de una gestión ambiental orientada

hacia el desarrollo sostenible y fortalecimiento de las organizaciones locales urbanas y rurales, públicas y privadas, mediante disposiciones y acciones de garantía de protección ambiental para mejorar la calidad de vida de los pobladores de la provincia de Jaén.

- Ordenanza municipal N° 022 – 2006 – MPJ, crean la comisión ambiental municipal (en adelante CAM) de la Provincia de Jaén, como instrumento que permite adecuar la gestión municipal con lo prescrito en la Ley orgánica de municipalidades (Ley N°27972) y la Ley general del ambiente (Ley N° 28611), a fin de contar con una mejora en la gestión ambiental a nivel local.
- Ordenanza municipal N° 018 - 2007 – MPJ, aprueba el Plan integral de gestión ambiental de los residuos sólidos (PIGARS). Se actualiza cada 02 años.
- Decreto de alcaldía N° 001 – 2013 – MPJ/A de fecha 09 de mayo del 2013, el cual aprueba el Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios, el cual establece los mecanismos de regulación para el manejo selectivo de los residuos sólidos domiciliarios generados en la ciudad de Jaén. El cual es actualizado anualmente.
- Plan anual de evaluación y fiscalización ambiental (en adelante PLANEFA) 2014, de fecha 21 de noviembre del 2013, mediante el cual se planifica las acciones de evaluación, supervisión y fiscalización de los diferentes componentes ambientales que son afectados por las principales actividades productivas del servicio que se realiza en la ciudad de Jaén.
- Resolución de alcaldía N° 690 – 2015 – MPJ - A, reconocen la conformación del Equipo técnico y la comisión técnica de apoyo, para la actualización del PIGARS 2015 de la provincia de Jaén.

### **1.3 MARCO TEÓRICO.**

#### **1.3.1 Residuos.**

A nivel español, la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, en su artículo 3 define residuo como: *“cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar”*.

#### **1.3.2 Residuos sólidos.**

Tchobanoglous & colaboradores (1994), opinan que los residuos sólidos comprenden: Todos los residuos que provienen de actividades de animales y humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles. Para estos autores, residuo sólido comprende tanto la masa heterogénea de los desechos de la comunidad urbana como la acumulación más homogénea de los residuos agrícolas, industriales y minerales.

### 1.3.3 Residuos sólidos urbanos.

El concepto de residuos sólidos urbanos (en adelante RSU), ha sido definido a lo largo del tiempo de formas muy diversas. Así, la OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico) define los residuos como aquellas materias generadas en las actividades de producción y consumo que no alcanzan, en el contexto en que son producidas, ningún valor económico; ello puede ser debido tanto a la falta de tecnología adecuada para su aprovechamiento, como a la inexistencia de un mercado para los productos recuperados (Tchobanoglous & colaboradores, 1994).

También son denominados en el estado de España, como residuos domésticos en la Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados, definidos como *los residuos generados en los hogares como consecuencia de las actividades domésticas. Se consideran también residuos domésticos los similares a los anteriores generados en servicios e industrias. Se incluyen también en esta categoría los residuos que se generan en los hogares de aparatos eléctricos y electrónicos, ropa, pilas, acumuladores, muebles y enseres así como los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria. Tendrán la consideración de residuos domésticos los residuos procedentes de limpieza de vías públicas, zonas verdes, áreas recreativas y playas, los animales domésticos muertos y los vehículos abandonados”*.

### 1.3.4 Clasificación de los RSU.

Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones, dos son las más utilizadas: una tradicional que clasifica a los residuos por su origen y otra basada en los criterios establecidos por la Unión Europea que los clasifica en función de su peligrosidad.

❖ En función de su origen.

Los RSU presentan diferentes características en función del origen de su generación. En la Tabla N° 1, se presentan los tipos de residuos más comunes, donde se especifica su fuente de origen y su naturaleza.

Tipo de residuo	Fuente de los residuos	Naturaleza de residuos sólidos generados
Doméstico	Casas y edificios de baja, media y elevada altura, unifamiliares y multifamiliares.	Comida, papel, cartón, plástico, textiles, cuero, madera, vidrio, aluminio y otros metales, residuos especiales y domésticos peligrosos
Comercial	Tiendas, restaurantes, edificios de oficinas, hoteles, gasolineras etc.	Papel, cartón, plásticos madera, vidrio, metales, residuos orgánicos especiales y residuos peligrosos
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales y otras.	Como en comercial
De construcción	Nuevas construcciones, pavimentos rotos y demoliciones principalmente.	Madera, escombros, acero, hormigón, suciedad, etc.

Tipo de residuo	Fuente de los residuos	Naturaleza de residuos sólidos generados
Servicios Municipales	Limpieza de calles, paisajismo, parques y playas.	Residuos especiales, barrido de calles, recortes de árboles y plantas, residuos de parques, playas y zonas de recreo, arena, papel, plástico etc.
De plantas de tratamiento	Afluente de agua residual y procesos de tratamiento industrial.	Residuos de pretratamiento y de tratamiento, compuestos principalmente por lodos y biosólidos.
Industrial	Construcción, refinerías, plantas químicas, centrales térmicas, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, cenizas, residuos de demolición y construcción, residuos especiales y residuos peligrosos, residuos no industriales incluyendo residuos de comida.
Agrícola	Cosechas del campo, árboles frutales, viñedos, ganadería, granjas etc.	Residuos de comida, residuos agrícolas, residuos peligrosos.

Nota: El término de residuos sólidos urbanos incluye a todos los mencionados, a excepción de los residuos industriales y agrícolas.

Tabla N° 1 Tipos de residuos sólidos urbanos según la fuente de origen.  
Fuente: Gestión Integral de Residuos Sólidos”. Tchobanoglous & colaboradores (1994)

❖ En función de su peligrosidad.

La Unión Europea establece la siguiente clasificación, adoptada por la normativa estatal:

1. Residuos Peligrosos: Son aquellos que presenten en sus componentes unas características de peligrosidad (tóxicos, corrosivos, irritantes, cancerígenos, explosivos, inflamables, etc.) tras una serie de análisis tipificados.
2. Residuo no peligroso: son aquellos que no tienen la calificación de peligrosos de acuerdo con la anterior definición. Dentro de este grupo se encontrarían los residuos inertes que se definen como aquellos que por su naturaleza o composición no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. Básicamente un residuo, para no ser peligroso, debe reunir las siguientes condiciones:
  - Tener un punto de inflamación superior a 55 °C.
  - Tener un pH entre 2 y 12,5.
  - No ser corrosivo.
  - No causar daño a los tejidos humanos.
  - No ser reactivo.
  - No contener sustancias que puedan generar gases tóxicos, no ser explosivo o detonante.
  - No contener productos cancerígenos o bajo sospecha de serlo.
  - No contener sustancias clasificadas como cancerígenas, mutagénicas o teratogénicas.
  - Tener una toxicidad baja.
  - Que sus lixiviados tengan una toxicidad baja.

Así pues la importancia de las diferentes clasificaciones estriba tanto en la competencia de las diferentes administraciones en la gestión de los residuos, como en la correcta gestión de los mismos.

### **1.3.5 Gestión de los RSU.**

Como bien afirma Seco & colaboradores (2004), la acumulación de los desechos generados por la población en los núcleos urbanos constituye un serio problema para las instituciones locales, responsables por precepto legal de la recogida, transporte y la eliminación de los mismos. Esta problemática es extensiva a todo tipo de desechos sólidos, y demanda una serie de actuaciones complejas y costosas, en las cuales la perfección en la organización de los servicios requeridos es difícil de alcanzar y la actitud de los usuarios se desvía, con frecuencia, de las reglas básicas para la consecución de los resultados deseados.

El diseño y puesta en funcionamiento de un sistema de gestión de residuos exige conocer la cantidad a tratar. Deben distinguirse cantidades producidas, recogidas y tratadas, siendo estas dos últimas las que afectan al diseño. En el caso de los residuos sólidos urbanos, la cantidad total producida se obtiene como suma de los denominados residuos domésticos y los demás tipos de residuos sólidos urbanos (RSU). Los servicios municipales de recogida domiciliaria se encargan sólo de los residuos domésticos, por los que usualmente se identifican los residuos producidos con los recogidos. La cantidad de RSU recogidos es función sobre todo del tamaño de población y de su nivel de vida, estando comprendidos entre 0,8-2,0 kg/[habitante\*día]. La primera cifra corresponde a pequeños núcleos urbanos de preponderante dedicación agrícola, y la segunda corresponde a los núcleos residenciales de las grandes ciudades.

La gestión de los RSU se puede considerar como un sistema, es decir, un conjunto de elementos interrelacionados entre sí en un entorno determinado. Estos elementos actúan unidos dentro del sistema para lograr un objetivo: la gestión óptima de los RSU. Los elementos o subsistemas que forman el sistema de gestión son todas aquellas actividades asociadas a la gestión. Se pueden dividir en seis elementos funcionales relacionados como indica la Figura N° 1 (Tchobanoglous & colaboradores, 1994).

- 1. Generación de residuos:** En esta etapa se conoce el problema de la gestión analizando y estudiando las cantidades generadas, la composición, las variaciones temporales, etc. Con estos datos se podrá afrontar el diseño de las etapas posteriores.
- 2. Prerrecogida:** Supone las actividades de separación, almacenamiento y procesamiento en origen hasta que los residuos son depositados en el punto de recogida. Es la gestión realizada por el generador de residuos y es importante a la hora de establecer unas mínimas condiciones de facilidad en la recogida y condiciones higiénico – sanitarias.
- 3. Recogida:** Comprende las labores de carga y transporte de los residuos desde las áreas de aportación hasta la estación de transferencia, vertedero o lugar de tratamiento.

**4. Transferencia y transporte:** Es la actividad por medio de la cual los residuos se alejan de la zona de generación. Comprende la transferencia desde la zona de recogida hasta la estación de transferencia donde se trasladan a otro camión de mayor capacidad que realiza el transporte, normalmente más largo, hasta el lugar de eliminación.

**5. Tratamiento:** Comprende los procesos de separación, procesado y transformación de los residuos. La separación y procesado de los residuos se

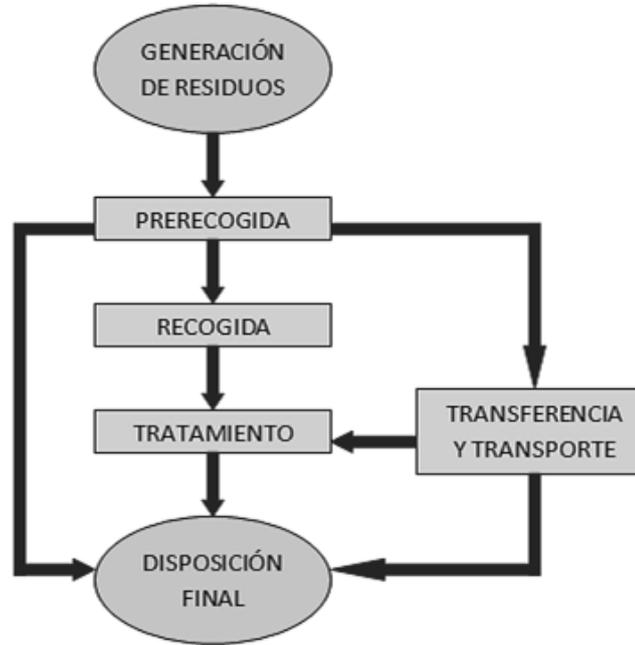


Figura N° 1 Esquema general del sistema de gestión de RSU.  
Fuente: Tchobanoglous & colaboradores (1994)

realiza en instalaciones de recuperación de materiales, donde los residuos llegan en masa o separados en origen. Allí pasan por una serie de procesos: separación de voluminosos, separación manual o automática de componentes, separación mecánica y empaquetado, obteniéndose una corriente de productos destinada al mercado de subproductos y otra de rechazo destinado a vertedero o tratamiento térmico. Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos y para obtener productos y energía.

**6. Disposición final:** Es el destino final de los residuos o rechazos de instalaciones de transformación y procesado, normalmente los más utilizados actualmente son los vertederos controlados; una instalación de ingeniería utilizada para la evacuación de residuos sólidos en el suelo o dentro del manto de la tierra sin crear incomodidades y peligros para la salud pública tales como la proliferación de vectores incontrolados o la contaminación de las aguas subterráneas.

### 1.3.6 Problemas de la gestión de los RSU.

Según Cólomer y Gallardo (2007), los problemas ocasionados por la generación y gestión de los residuos en la sociedad actual, son muy completo, debido a:

- La cantidad y diversidad de los residuos.
- Las condiciones variables en las que tiene que desarrollarse la gestión como los cambios en la cantidad y en la composición de los RSU con el tiempo.
- El desarrollo de zonas urbanas dispersas que encarecen los costes de transporte

- El tratamiento adecuado de los residuos obliga a la utilización de unas tecnologías caras, haciendo de este uno de los problemas económicos más importantes a los que se enfrentan los municipios.
- Las limitaciones económicas para los servicios públicos en muchos núcleos urbanos, sobre todo en los pequeños municipios, donde se hace inviable la buena gestión si no se aplican economías de escala.
- La aparición de nuevas tecnologías.
- Adaptación a los nuevos reglamentos medioambientales.
- Limitaciones emergentes de energía y materias primas.
- La falta de datos y la poca fiabilidad de la información disponible, así como la ambigüedad y poca claridad de la legislación vigente.

### 1.3.7 Propiedades físicas, químicas y biológicas de los RSU.

A continuación quedan definidas las propiedades de los residuos sólidos urbanos. (Seco & colaboradores, 2004).

#### Propiedades físicas de los RSU.

- **Peso específico.** Se define como el peso de un material por unidad de volumen. Es necesario establecer si se refiere a residuos sueltos, compactados, no compactados, etc., lo cual no siempre ocurre en los datos encontrados en la bibliografía. Como los pesos específicos de los residuos sólidos varían notablemente con la localización geográfica, la estación del año y el tiempo de almacenamiento, se debe tener mucho cuidado a la hora de seleccionar los valores típicos. Para los residuos sólidos urbanos tal como se entregan por los vehículos de compactación, se ha comprobado que varían desde  $178 \text{ kg/m}^3$  hasta  $415 \text{ kg/m}^3$ , con un valor típico de aproximadamente  $300 \text{ kg/m}^3$ .
- **Contenido en humedad.** Puede expresarse de dos formas. Tomando como referencia el peso húmedo, en cuyo caso la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso del material húmedo o tomando como referencia el peso seco, expresándose como un porcentaje del peso seco del material. En el campo de la gestión de residuos sólidos se usa más frecuentemente el valor referido al peso húmedo. En España el peso húmedo normalmente oscila en torno al 50%.
- **Tamaño de partícula y distribución del tamaño.** El tamaño y la distribución del tamaño de los componentes de los materiales en los residuos sólidos son una consideración importante dentro de la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos, como cribas, trómeles y separadores magnéticos. El tamaño puede definirse de diferentes maneras: como

la longitud, la media aritmética o geométrica de la longitud y el ancho o la media aritmética o geométrica de la longitud, el ancho y la altura.

- **Capacidad de campo.** Viene dada por la cantidad total de humedad que puede ser retenida por una muestra de residuo sometida a la acción de la gravedad. La capacidad de campo de los residuos es de una importancia clave para determinar la formación de la lixiviación en los vertederos. El exceso de agua sobre la capacidad de campo se emitirá en forma de lixiviación.

### Propiedades químicas de los RSU.

- **Análisis elemental.** El análisis elemental de un residuo normalmente implica la determinación del porcentaje de carbono, oxígeno, nitrógeno, azufre (C, H, O, N, S) y ceniza. Debido a la preocupación por la emisión de compuestos clorados durante la combustión, frecuentemente se incluye en este análisis la determinación de halógenos. Los resultados del análisis elemental se utilizan para caracterizar la composición química de la materia orgánica en los RSU. También se usan para definir la mezcla correcta de materiales residuales necesaria para conseguir relaciones carbono/ nitrógeno (C/N) adecuadas para los procesos de conversión biológica.
- **Contenido energético de los componentes de los residuos sólidos.** Este contenido conocido como PCI (poder calorífico interno) se puede determinar 1) utilizando una caldera a escala real como calorímetro, 2) utilizando una bomba calorimétrica de laboratorio, y 3) por cálculo si se conoce la composición elemental. La mayor parte de los datos existentes están basados en los resultados de ensayos con una bomba calorímetro. Un valor inferior a 1.000 kcal/kg hace prácticamente inviable la incineración como método de tratamiento.
- **Nutrientes esenciales y otros elementos.** Cuando la fracción orgánica de los RSU se va a utilizar como sustrato para la elaboración de productos biológicos de conversión, como compost, metano y etanol, la información sobre nutrientes y otros elementos es importante para asegurar la disponibilidad de los nutrientes necesarios para los microorganismos, y para valorar los usos finales que puedan tener los productos de la conversión biológica.

### Propiedades biológicas de los RSU.

- **Biodegradabilidad de los componentes de los residuos orgánicos.** El contenido en sólidos volátiles (SV), determinado a 550 °C, frecuentemente se utiliza como una medida de la biodegradabilidad de la fracción orgánica de los RSU. Este uso es erróneo puesto que algunos de los compuestos orgánicos altamente volátiles (ej. papel de periódico) presentan una baja biodegradabilidad. Alternativamente se puede usar el contenido de lignina para estimar la fracción biodegradable. La lignina se encuentra principalmente en el papel de periódico, y es el polímero orgánico que une las fibras celulósicas en los árboles y algunas plantas. La relación entre la biodegradabilidad y el contenido en lignina viene dada por:

$$BF = 0.83 - 0.028 LC$$

Donde:

BF: Fracción biodegradable expresada en sólidos volátiles.

LC: Contenido de lignina de los SV expresado como un porcentaje en peso seco.

0,83 y 0,028: constantes empíricas.

Los residuos con altos contenidos en lignina encontrados en los RSU presentan una baja biodegradabilidad. Así mismo, la velocidad a la que pueden ser degradados los distintos residuos varía notablemente. Con fines prácticos, los distintos componentes orgánicos de los residuos se clasifican en rápida y lentamente biodegradables.

- **Producción de olores.** Los olores pueden producirse cuando los residuos se almacenan durante largos períodos de tiempo en el lugar de producción entre recogidas, en estaciones de transferencia y en vertederos. Esta producción de olores es más importante en climas cálidos. Normalmente se produce por la descomposición anaerobia de los componentes fácilmente descomponibles que se encuentran en los RSU. Así, por ejemplo, el sulfato puede reducirse bajo condiciones anaerobias a sulfuro. Este ión sulfuro puede combinarse con iones metálicos presentes, como el hierro, para formar sulfuros metálicos. El color negro de los residuos sólidos que han experimentado descomposición anaerobia en un vertedero se debe principalmente a la formación de estos sulfuros metálicos. Si no fuera por la formación de diversos sulfuros, los problemas de olor en los vertederos serían aún más importantes.
- **Reproducción de moscas.** En las estaciones cálidas, la reproducción de moscas es una cuestión importante para el almacenamiento de residuos, ya que las moscas pueden desarrollarse en menos de dos semanas después de poner los huevos.

### 1.3.8 Factores de los que depende la generación de los RSU.

Soto (2014), establece que la composición y generación de los RSU depende de los siguientes factores:

- **Modo y nivel de vida de la población:** El consumo de productos alimenticios ya preparados hace que aumente el contenido de envases y embalajes, pero se produce una disminución de restos vegetales, carnes y grasas, por emplearse como alimento animal o fertilizante orgánico.
- Actividad de la población y características:
  - En áreas rurales se observa un predominio de productos fermentables.
  - En núcleos urbanos aumenta sensiblemente la cantidad de residuos de envases y embalajes, aunque sigue predominando la materia orgánica.
  - En zonas de servicios se observa un claro predominio de los envases y embalajes.
  - En zonas industriales predominan los residuos industriales, envases y embalajes.

- Las cantidades de residuos de jardín son considerablemente mayores en muchos de los barrios más ricos que en otras partes de la ciudad.
- En general, donde hay un servicio ilimitado de recogida, se recolectan más residuos.
- **Climatología de la zona:** Están relacionadas con el clima las variaciones sustanciales en las cantidades de algunos tipos de residuos sólidos. El contenido en humedad es mayor en las estaciones con alta pluviosidad.
- **Estacionalidad:** Los residuos recogidos en verano presentan un mayor contenido de restos de frutas y verduras. Las cantidades de residuos de comida relacionadas con la época de cultivo de vegetales y fruta.
- **Efecto de las actitudes públicas y la legislación:** Se producen reducciones importantes en las cantidades de residuos generadas cuando la gente está dispuesta a cambiar sus hábitos y estilo de vida. Un programa continuo de educación es esencial para conseguir un cambio en dichas actitudes públicas. Quizás el factor más importante que influye en la generación de residuos es la existencia de normativas locales, estatales que tratan el uso específico de materiales.

### **1.3.9 Transformaciones físicas, químicas y biológicas de los RSU.**

Seco & colaboradores (2004), señalan que las transformaciones físicas, químicas y biológicas normalmente se utilizan para:

- Mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos sólidos.
- Recuperar materiales reutilizables y reciclables como papel, cartón, plástico, vidrio, metales férreos y metales no férreos.
- Recuperar productos de conversión y energía.

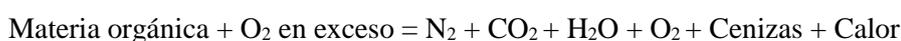
#### **Transformaciones físicas.**

- **Separación de componentes.** Este término se utiliza para describir el proceso de separación, por medios manuales y/o mecánicos, de los componentes identificables de los RSU no seleccionados. Esta separación se utiliza para transformar los residuos heterogéneos en un número de componentes más o menos homogéneos.
- **Reducción mecánica de volumen.** Es el término utilizado para describir el proceso mediante el cual se reduce el volumen ocupado por un residuo, normalmente mediante la aplicación de una fuerza o presión, y poder reducir los costes asociados con el transporte de residuos hasta el lugar de tratamiento o eliminación en el vertedero.

- **Reducción mecánica de tamaño.** El propósito de la reducción de tamaño es obtener un producto final que sea razonablemente uniforme y reducido en tamaño en comparación con su forma original. La reducción de tamaño no implica necesariamente la reducción de volumen.

#### Transformaciones químicas.

- **Combustión (oxidación química).** Combustión se define como la reacción química del oxígeno con materias orgánicas para producir compuestos oxidados, acompañados por emisión de luz y una rápida generación de calor. En presencia de oxígeno en exceso y bajo condiciones idóneas, la combustión de la fracción orgánica de los residuos sólidos puede representarse mediante la ecuación:



- **Pirólisis.** Como la mayoría de las sustancias orgánicas son térmicamente inestables pueden romperse en fracciones gaseosas, líquidas y sólidas, mediante una combinación de cracking térmico y reacciones de condensación en un ambiente libre de oxígeno.
- **Gasificación.** El proceso de gasificación implica la combustión parcial de un combustible carbonoso para generar gas combustible rico en monóxido de carbono, hidrógeno y algunos hidrocarburos saturados, principalmente metano. El gas combustible se puede quemar en una caldera o en un motor de combustión interna.

#### Transformaciones biológicas.

- **Compostaje aerobio.** Bajo condiciones controladas, la fracción orgánica de los RSU y los residuos de jardín se pueden convertir en un residuo orgánico estable conocido como compost, en un período de tiempo de cuatro a seis semanas. El compost es la materia orgánica que permanece. La materia orgánica resistente normalmente contiene un alto porcentaje de lignina, que es difícil de transformar en un período de tiempo relativamente corto.
- **Biometanización.** La fracción biodegradable de la materia orgánica de los RSU se puede convertir biológicamente bajo condiciones anaerobias en un gas que contiene dióxido de carbono y metano. En la mayoría de los procesos de conversión anaerobios el dióxido de carbono y el metano constituyen el 99 % del gas total producido.

## CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Coincidiendo con las palabras de (Seco & colaboradores, 2004), el diseño y puesta en funcionamiento de un sistema de gestión de residuos exige conocer la cantidad producida, recogida y tratada. Asimismo la composición de los RSU dependerá de multitud de factores, siendo los más importantes: situación geográfica de la población; aspectos demográficos y sociales; estructura económica.

Es por ello que para el desarrollo de este capítulo se ha empleado información vigente y a disposición del público de la ciudad de Jaén, siendo: el Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Jaén 2013-2025<sup>15</sup>, información de Instituto Nacional de Información y Estadística<sup>16</sup> y del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología<sup>17</sup>.

### 2.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA.

- Ubicación política:

Departamento : Cajamarca

Provincia : Jaén

Distrito : Jaén

La ciudad de Jaén, capital del distrito y provincia del mismo nombre, se ubica en el sector Nor Oriental de la región Cajamarca, en la latitud sur 05° 15' 15'' y longitud oeste 78° 48' 29''; cuya capital es el distrito del mismo nombre ubicado a una altitud de 729 m.s.n.m. a 295 km. de la ciudad de Chiclayo y a 1 060 km de la ciudad de Lima. Esta limita por el Norte con la Provincia de San Ignacio del departamento de Cajamarca, por el Sur con las Provincia de Cutervo, del departamento de Cajamarca y las provincia de Ferreñafe y Lambayeque del departamento de Lambayeque, por el Este con la Provincia de Bagua y Utcubamba del departamento de Amazonas y por el Oeste con la Provincia de Huancabamba del departamento Piura (ver Plano N°01 ).

- Extensión:

La provincia de Jaén abarca una extensión de 5232.57 km<sup>2</sup>, que representa el 15.71 % de la superficie regional de Cajamarca y posee 183,634 habitantes, concentrando el 13.23 % de la población regional. El distrito de Jaén comprende una superficie de 537.25 km<sup>2</sup> que equivale al 1.61 % del territorio regional y el 10.26 % del territorio provincial.

---

<sup>15</sup>

<http://www.munijaen.gob.pe/documentos/proyecto1/VOLUMEN%20II%20REGLAMENTO%20DE%20ZONIFICACION.pdf>

<sup>16</sup> <http://www.inei.gob.pe>

<sup>17</sup> [www.senamhi.gob.bo](http://www.senamhi.gob.bo)

## 2.2 ASPECTOS DEMOGRÁFICOS Y SOCIALES<sup>18</sup>.

### Dinámica poblacional.

De acuerdo con el último Censo Nacional del año 2007, XI Censo de Población y VI de vivienda; la ciudad de Jaén registró 71 565 habitantes (población urbana), con una tasa interesal (1993-2007) de 3.1%, crecimiento igualmente sustentado en las actividades comerciales y de servicios (ver Tabla N° 2 Dinámica poblacional.Tabla N° 2)

Ámbito	Población total	Población urbana	Población rural
Región Cajamarca	1 387 809	453 977	933 832
Provincia de Jaén	183 634	91 910	9124
Distrito de Jaén	86 021	71 565	14 456

Tabla N° 2 Dinámica poblacional.

Fuente: Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Jaén 2013-2025

Se ha experimentado un ritmo de crecimiento demográfico constante en los últimos 20 años (1993-2013) duplicando la población. Este acelerado crecimiento demográfico se debe entre otros factores a la entrada en funcionamiento de la carretera de penetración Olmos-Corral Quemado en diciembre de 1944, el cual permitió el impulso a los flujos comerciales y a un fuerte proceso migratorio de poblaciones aledañas en busca de oportunidades.

Jaén debido a sus potencialidades, es una ciudad receptora de población, siendo inmigrante el 51.72 % de la población del año 1993. En el año 2007, de 71 565 habitantes, el 41.10 % eran inmigrantes. Para una orientación al respecto puede verse la Tabla N° 3.

Año de censo	Población urbana	Inmigrantes	%	Tasa de crecimiento poblacional	Tasa de crecimiento migratorio
1993	46477	24036	51.72	3.1	1.4
2007	71565	29414	41.10		

Tabla N° 3 Tasa de crecimiento poblacional y migratorio de la población urbana.

Fuente: INEI – Censos Nacionales de Población y Vivienda 1993-2007.

### Estructura de la población por edad.

La población de la ciudad de Jaén se distribuye en (verTabla N° 4):

- Población niños y adolescentes de 0-14 años de edad que representan el 31.3 %.
- Población joven entre los 15 y los 29 años de edad siendo el 30.3 %.
- Población adulta cuyas edades fluctúan entre los 30 y 64 años de edad representan el 34.1 %.

<sup>18</sup> Información recopilada del Plan de Desarrollo Urbano de la ciudad de Jaén 2013-2025

- Población adulto mayor con un 4.2 %.

Área	Edad en grupos quinquenales	Según sexo				
	Grupos de edad	Hombre	%	Mujer	%	Total
Urbana	De 0 a 4	3 598	10.2	3 424	9.4	7 022
	De 5 a 9	3 629	10.3	3 449	9.5	7 078
	De 10 a 14	4 166	11.8	4 163	11.5	8 329
	De 15 a 19	3 977	11.3	4 330	11.9	8 307
	De 20 a 24	3 483	9.9	3 858	10.6	7 341
	De 25 a 29	2 841	8.1	3 209	8.8	6 050
	De 30 a 34	2 664	7.6	2 905	8.0	5 569
	De 35 a 39	2 356	6.7	2 643	7.3	4 999
	De 40 a 44	2 142	6.1	2 240	6.2	4 382
	De 45 a 49	1 715	4.9	1 800	5.0	3 515
	De 50 a 54	1 348	3.8	1 256	3.5	2 604
	De 55 a 59	983	2.8	944	2.6	1 927
	De 60 a 64	764	2.2	664	1.8	1 428
	De 65 a 69	565	1.6	496	1.4	1 061
	De 70 a 74	437	1.2	352	1.0	789
	De 75 a 79	268	0.8	259	0.7	527
	De 80 a 84	150	0.4	155	0.4	305
	De 85 a 89	104	0.3	104	0.3	208
	De 90 a 94	37	0.1	42	0.1	79
De 95 a 99	25	0.1	20	0.1	45	
	<b>TOTAL</b>	<b>35 252</b>	<b>100.0</b>	<b>36 313</b>	<b>100.0</b>	<b>71 565</b>

Tabla N° 4 Población urbana del distrito de Jaén por grupos de edad, al año 2007  
Fuente: INEI – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

El 64.4 % de la población de la zona urbana de la ciudad de Jaén, se encuentra en edad de trabajar, mientras que el crecimiento de la población adulto mayor no es muy acelerado (Figura N° 2).

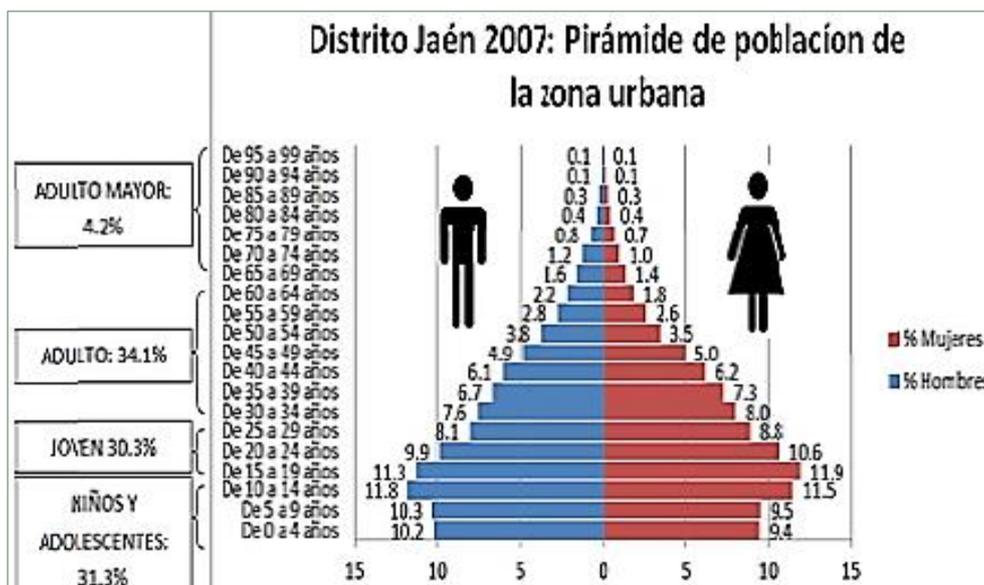


Figura N° 2 Pirámide de población de la zona urbana de la ciudad de Jaén.  
Fuente: INEI – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

### Nivel de vida.

En lo que respecta al Índice de desarrollo humano, que resulta de la valoración de 03 variables: promedio de vida al nacer, educación o conocimiento promedio (alfabetismo y escolaridad) y el Producto Bruto Interno (en adelante PBI) per cápita, la provincia presenta un mayor índice (0.59) que el promedio regional (0.56) siendo el distrito de Jaén el que tiene el mayor índice de PBI a nivel provincial.

Según el INEI (Tabla N° 5), el distrito de Jaén presenta un 29.9 % de sus pobladores en pobreza, el 9.4 % como pobres extremos, y un 70.1 % de población es considerada como no pobre.

Ubigeo	Distrito	Población en condición de Pobreza		Pobre (%)			No pobre
		Total	Extrema	Total	Extremo	No extremo	
60801	Jaén	28 326	8 895	29.9	9.4	20.5	70.1

Tabla N° 5 Situación de pobreza en el distrito de Jaén  
Fuente: INEI – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

### Educación.

Respecto a la situación educativa existe una importante cobertura educativa, solo el 1.5 % de población en edad escolar no asiste a la escuela y es analfabeta, siendo este el factor más preocupante, registrando un 10.5 % de analfabetismo femenino.

### 2.3 ESTRUCTURA ECONÓMICA<sup>19</sup>.

A continuación, en la Figura N° 3, se presentan las principales actividades económicas que se desarrollan en la ciudad de Jaén: comercio, la agricultura y ganadería, siendo los más importantes, la actividad comercial y servicios así como la pequeña y mediana industria. Es así, que del total de la Población Económicamente Activa (en adelante PEA) del distrito, el 46.1 % se encuentra ocupada en servicios, mientras que el 40.5 % en agricultura. Los dos principales cultivos son el café y arroz que constituyen las principales fuentes generadoras de ingresos para la población.

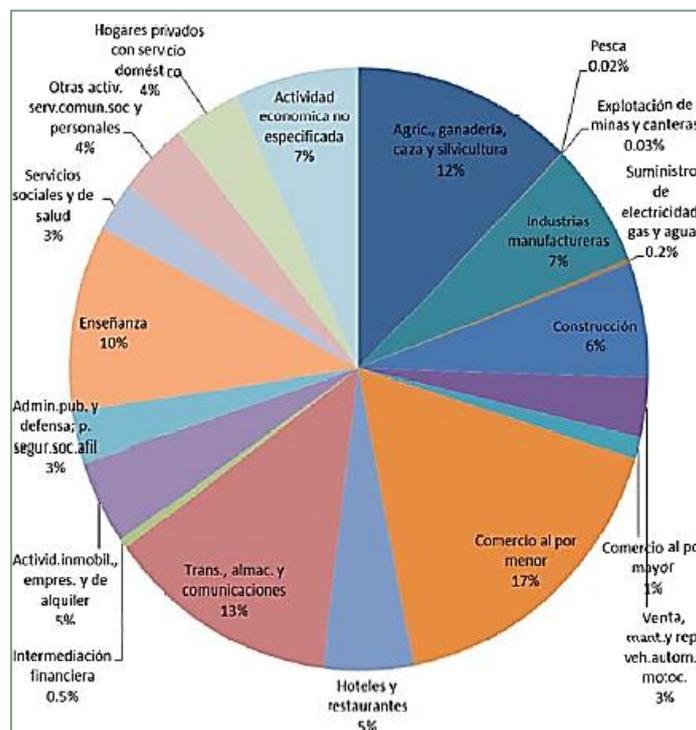


Figura N° 3 Distribución porcentual de la población económicamente activa en la ciudad de Jaén.  
Fuente: INEI – Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda.

Los establecimientos comerciales que presentan una mayor presencia son las bodegas, que representan el 31 % donde se expende una variedad de productos, en su mayoría abarrotes y bienes de consumo directo, asimismo las tiendas comerciales que constituyen el 11 % del total, expenden productos terminados de procedencia de fábricas nacionales ubicadas mayormente en la capital de la república, como textiles, zapatos y prendas de vestir, colchones. Otro rubro importante lo constituye la venta de autos y repuestos para vehículos menores (7 %), así como las boticas, venta de abarrotes, golosinas al por mayor y los bazares. La presencia de establecimientos dedicados a la venta de carne de res, pollo y pescado resulta relevante con un 6 %.

<sup>19</sup> Información recopilada del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos PIGARS JAÉN 2015

Se cuenta con cinco mercados de abastos que ofrecen una diversidad de productos, desde agrícolas provenientes del campo, ropa, muebles, y artefactos eléctricos. En los servicios, que concentran más del 56 % de la PEA y totalizan 1 606 establecimientos, son los restaurantes y bares quienes presentan un 35 %, siendo los servicios relacionados con la informática e impresiones los que siguen con un 9 %, así como los hoteles y alojamientos, los servicios de arquitectura y construcción.

## **2.4 ASPECTOS FÍSICOS.**

### **Clima.**

La zona se caracteriza por tener otoño, invierno y primavera secos, sin embargo los meses de verano registran ligera precipitación pluvial, excepto cuando hay Fenómeno de El Niño, en que esta suele ser abundante. Los flujos rápidos o inundaciones repentinas (flash floods), son inundaciones que se producen súbitamente en zonas montañosas, como resultado de lluvias torrenciales cuyas precipitaciones son captadas por cuencas relativamente pequeñas, que por su forma concentran el agua en su curso de evacuación.

De acuerdo con las características topográficas la ciudad de Jaén, presenta elevaciones con altitudes menores a 1,000 m.s.n.m. con una clasificación de clima semi húmedo a macrotermal y vegetación tipo Pradera y Tropical.

### **Temperatura (°C).**

La Tabla N° 6, presenta el registro de datos históricos del Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología - SENAMHI, para la zona del proyecto y sus áreas de influencia, siendo de temperatura semi seca local y con comportamiento casi uniforme durante todo el año.

Año	Meses											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>2007</b>	25.2	25.9	25.5	25.7	25.9	24.9	24.6	25.6	25.7	26.0	25.4	25.5
<b>2008</b>	24.9	24.8	25.1	25.5	25.3	24.7	24.9	26.0	26.0	26.1	26.8	26.7

Año 2016 Temperatura (°C)												
Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Media Max	29.3	30.9	32.0	29.2	27.2	25.4	24.9	24.5	24.3	24.5	25.4	27.2
Media Min	21.9	22.7	22.6	20.5	18.3	17.5	16.9	16.8	17.0	17.3	17.0	18.7
Media	25.6	26.8	27.3	24.9	22.8	21.4	20.9	20.6	20.7	20.9	21.2	23.0

Tabla N° 6 Registro de temperatura media mensual (°C) de la Estación Jaén, en los años 2007, 2008 y 2016.  
Fuente: SENAMHI, 2009.

**Humedad (%).**

En la Tabla N° 7, se presenta la humedad relativa media mensual en la ciudad de Jaén, la cual oscila entre 65 % y 75 %. Registrando los valores más altos los meses de Marzo a Julio y a nivel anual se registra un promedio del 74%

Año	Meses											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>2007</b>	72.7	65.7	68.1	68.2	67.7	70.7	68.7	66.8	66.5	66.8	73.7	66.9
<b>2008</b>	70.0	68.4	72.0	72.0	71.4	71.2	71.4	66.4	68.8	69.0	66.8	67.7

Tabla N° 7 Registro de humedad relativa mensual (%) de la Estación Jaén, en el periodo comprendido entre enero 2007 y diciembre 2008  
Fuente: SENAMHI, 2009.

**Dirección del viento.**

La dirección predominante del viento es NE y ENE, con velocidades que oscilan entre 0.8 y 1.6 m/s.

**Precipitación (mm).**

La zona de caracteriza por tener otoño, invierno y primavera secos, sin embargo los meses de verano registran ligera precipitación pluvial, excepto cuando hay Fenómeno de El Niño, en que esta suele ser abundante. Los flujos rápidos o inundaciones repentinas son inundaciones que se producen súbitamente en zonas montañosas, como resultado de lluvias torrenciales (ver Tabla N° 8).

Año	Meses											
	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
<b>2007</b>	51.4	58.3	133.4	117.6	80.7	37.7	62.0	24.9	14.4	129.4	139.8	51.8
<b>2008</b>	54.4	176.6	124.7	43.8	69.5	65.0	34.7	10.7	36.7	83.8	70.4	43.0

Tabla N° 8 Registro de precipitación total mensual (mm) de la Estación Jaén, en el periodo comprendido entre enero 2007 y diciembre 2008  
Fuente: SENAMHI, 2009.

**Topografía.**

La ciudad de Jaén y su entorno inmediato presenta un relieve accidentado, las altitudes oscilan entre los 600 a 700 m.s.n.m. circundado por áreas agrícolas, con elevaciones en el sector Oeste y bajas en el sector Este. Esta zona representa la más baja del área urbana de la Ciudad.

**Tendencia de expansión urbana.**

Actualmente la ciudad de Jaén presenta un acelerado crecimiento urbano caracterizado por: desordenado, informalidad, no respeta normas técnicas, falta de articulación vial, equipamiento urbano y débil control urbano, cuyas principales tendencias de crecimiento son:

- Al este: De acelerado crecimiento urbano, sobre terrenos de topografía baja, sin solución integral de drenaje pluvial y crecimiento a través de habilitaciones urbanas.
- Al sureste: Sobre áreas adyacentes a la vía a San Isidro y El Pongo, mediante venta de lotes de vivienda sin autorización municipal, proceso informal ausente de planificación urbana.
- Al noroeste: Sobre laderas de fuerte pendiente sujetos a erosión o deslizamientos ante la presencia de fuertes lluvias y acelerado proceso de deforestación con fines urbanos.
- Al oeste: sobre terrenos accidentados de fuertes pendientes sujetos a erosión por acelerado proceso de deforestación, incluye terrenos dentro del área de influencia de a la quebrada Magllanal y a través de habilitaciones urbanas.
- Al suroeste: sobre terrenos accidentados adyacentes al canal Chililique y bajo la influencia de las quebradas: La Pushura, Los Vásquez, y los Derrumbes. Así como sobre terrenos bajo influencia de la quebrada Zanja Honda.
- Al sur: sobre terrenos de fuerte pendiente, a través de ocupación informal tipo asentamiento humano y acelerado proceso de deforestación.

### **Sistema vial.**

La Tabla N° 9, hace referencia al estado del sistema vial de la ciudad de Jaén, estando concentrada la mayor parte de vías asfaltadas, en el área central de la ciudad, cubriendo aproximadamente 343.98 Has, estando el 65 % de las vías en un estado de conservación “**bueno**”, seguido del 25 % que se encuentran en estado de conservación “**regular**”. Son de doble vía y cuentan con delimitaciones para el aparcamiento de vehículos. Estas características facilitan el proceso de recogida de los residuos. Sin embargo se evidencia una insuficiente pavimentación vial, que generan bajos niveles de accesibilidad en áreas adyacentes al centro urbano y periferia, representando el 10 % de vías en estado de conservación “**malo**”: vías sin asfaltar con fuertes pendientes que se adaptan a los accidentes naturales del relieve, estrechas generando circulaciones vehiculares de un solo sentido, sin acera, formación de lodos en tiempos de lluvia; las cuales corresponden a las vías periféricas del casco urbano, obstaculizando la efectividad y el desarrollo de mecanismos en la gestión de los residuos, específicamente en el servicio de recogida.

Se evidencia una insuficiente pavimentación vial, que generan bajos niveles de accesibilidad en áreas adyacentes al centro urbano y periferia, la mayor superficie de vías asfaltadas se concentra en el área central de la ciudad y cubre aproximadamente 343.98 Has.

Estado de conservación	%
Bueno	65
Regular	25
Malo - sin pavimentar con elevada pendiente	10

Tabla N° 9 Estado de conservación de las vías de la ciudad de Jaén al 2013.

Fuente: Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Jaén 2013-2025

### **Potencial turístico - paisaje.**

El distrito de Jaén, tiene un paisaje natural hermoso, su potencial está asociado al ecoturismo, donde destacan los bosques naturales; bellas y atractivas playas a la orilla de los ríos; también es una gran cantidad de recursos para la investigación científica en los campos de la arqueología, la paleontología y los recursos naturales, como la flora y la fauna silvestre.

Pese a contar con un potencial y atractivos turísticos, no se presenta un flujo significativo de turistas que lleguen a la ciudad de Jaén, presenciándose en contra partida, una significativa población flotantes, constituida por el flujo de personas que arriban diariamente sin pernoctar, por razones de negocio, estudio, visita de familiares o investigación.

### CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN ACTUAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS EN LA CIUDAD DE JAÉN

En este capítulo se presenta el diagnóstico de las características y particularidades del municipio y sus factores influyentes en la gestión de los residuos sólidos urbanos. El diagnóstico se realizará principalmente tomando en consideración información validada por la autoridad ambiental local competente, así como un análisis por experiencia propia en la zona de estudio.

La municipalidad provincial de Jaén, actualmente cuenta con el “Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos (PIGARS) 2015”, con el “Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales (en adelante EC-RSM), 2015”, y con el “Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios del distrito de Jaén, 2016”.

#### 3.1 DIAGNÓSTICO GENERAL.

La inadecuada gestión de los residuos sólidos en el ámbito de intervención del proyecto se refleja en:

- Inadecuado equipamiento, almacenamiento y barrido.
- No existe un manual operativo que involucre las etapas de la gestión de los residuos sólidos.
- Ineficiente capacidad operativa de recogida y transporte de los residuos sólidos.
- Carencia de continua capacitación en personal del municipio.
- Constantes conflictos entre pobladores y autoridad municipal debido a los problemas que se generan en salud y el medio ambiente.
- Inexistencia de equipamiento para el tratamiento de los residuos reaprovechables.
- Inexistencia de infraestructura adecuada para la disposición final de los residuos sólidos previo tratamiento.
- En la ciudad de Jaén desde hace 45 años los residuos eran depositados y quemados diariamente en un vertedero a cielo abierto generando problemas a la salud y al medio ambiente. En agosto del año 2012 se realizó un informe de Estimación de Riesgo a este vertedero, en el cual se concluyó que dicho vertedero presentaba riesgo alto sanitario. La Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) de Jaén, en su calidad de Autoridad de Salud local, y la División de Defensa Civil realizaron concurrencias inspecciones para la evaluación de la disposición final de los residuos, quienes recomendaron el cierre definitivo del vertedero y la gestión inmediata para dar inicio a la operación de un lugar alternativo que cumpla con los criterios técnicos legales, con una vida útil de dos años hasta que la MPJ disponga de la Planta de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos, en concordancia con el PIGARS JAÉN, 2015.

- A fines del año 2013 se iniciaron las operaciones en este sitio alternativo, el cual después de dos años se ha convertido en vertedero incontrolado lo que ha conllevado de manera inmediata a mejorar la gestión de los residuos municipales.
- En el año 2015 la Municipalidad Provincial de Jaén, realizó el Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales, para la actualización del PIGARS. El cual en el objetivo estratégico N° 2, contempla como Sub Programa N° 5, la Implementación de sistemas de reaprovechamiento y disposición final de residuos sólidos, mediante la Implementación y operación del relleno sanitario integral mecanizado para Jaén. (PIGARS JAÉN, 2015)

### 3.2 INSTRUMENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL.

En la actualidad, la Municipalidad Provincial de Jaén, cuenta con tres Instrumentos de Gestión Ambiental, los cuales se detallan a continuación.

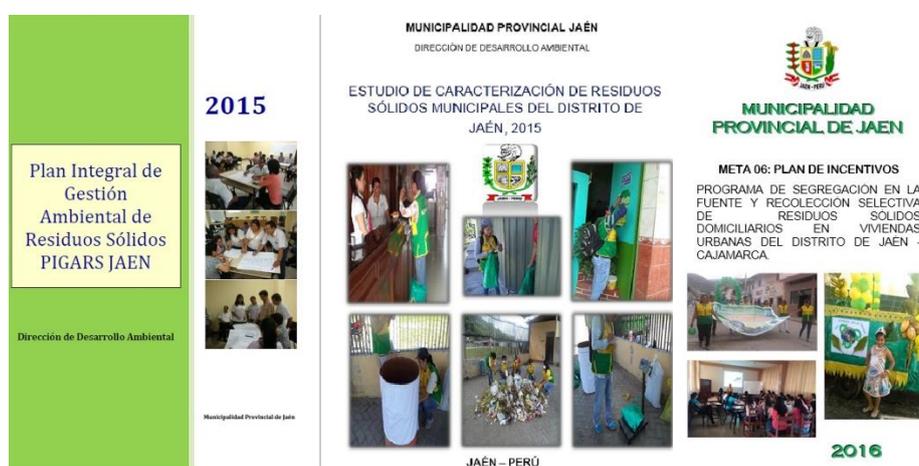


Figura N° 4 Instrumentos de gestión ambiental de la MPJ.  
Fuente: Gerencia de desarrollo y gestión ambiental de la MPJ

#### 3.2.1 Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos (PIGARS) – 2015.

El Municipio cuenta con un Plan de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos aprobado mediante Ordenanza Municipal con número N° 07-2015-MPJ, siendo responsable de su elaboración el equipo técnico liderado por el jefe de la división de gestión de residuos sólidos (actualmente Sub Gerencia de Gestión de residuos y limpieza).

La elaboración y ejecución de los planes de manejo de residuos sólidos es de competencia de las Municipalidades Distritales, tal como lo establece el artículo 10 del Decreto Legislativo N° 1065, modificatoria de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.

*“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, efectuando las coordinaciones con el gobierno regional al que corresponden, para promover la ejecución, revalorización o adecuación, de infraestructura*

*para el manejo de los residuos sólidos, así como para la erradicación de botaderos que pongan en riesgo la salud de las personas y del ambiente”.*

Asimismo en el artículo 3 del Decreto Legislativo N° 1065 que modifica la Ley 20314, Ley general de residuos sólidos, establece que *“las municipalidades provinciales incorporarán en su presupuesto, partidas específicas para la elaboración y ejecución de sus respectivos Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos, en los cuales deben incluirse la erradicación de los botaderos existentes o su adecuación de acuerdo a los mandatos establecidos en la presente Ley...”*

Según el capítulo II del Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos, establece en su artículo 22, que *“Los residuos sólidos de ámbito municipal son de responsabilidad del municipio desde el momento en que el generador los entrega a los operarios de la entidad responsable de la prestación del servicio de residuos sólidos, o cuando los dispone en el lugar establecido por dicha entidad para su recogida; debiendo en ambos casos cumplirse estrictamente las normas municipales que regulen dicho recojo. Del mismo modo, la EC-RSM<sup>20</sup> asume la responsabilidad del manejo de los residuos desde el momento en que el generador le hace entrega de los mismos. Las municipalidades provinciales regularán aspectos relativos al manejo de los residuos sólidos peligrosos de origen doméstico y comercial; incluyendo la obligación de los generadores de segregar adecuadamente los mismos, de conformidad con lo que establece el presente reglamento. Así mismo implementarán campañas de recojo de estos residuos de manera sanitaria y ambientalmente segura”.*

En este sentido, la Municipalidad Provincial de Jaén en el marco de las competencias ambientales, planes estratégicos, planes de desarrollo, instrumentos de gestión ambiental municipal y lineamientos de política institucional, en el año 2007 formuló el Plan Integral de Gestión Ambiental de residuos sólidos (PIGARS JAÉN, 2007) para la provincia de Jaén, el cual fue aprobado con Ordenanza Municipal 018 -2007/MPJ; asimismo su última actualización se ha realizado en el año 2015.

### **Residuos sólidos que contempla el PIGARS JAÉN, 2015.**

Son del tipo municipal, los que comprenden principalmente:

- Domiciliarios.
- Comercios, restaurantes, hoteles y similares.
- Mercados y ferias.

---

<sup>20</sup> Empresa comercializadora de residuos sólidos.

- Instituciones públicas
- Instituciones educativas.
- Residuos recolectados en el barrido de calles y áreas verdes.
- Residuos de parques y jardines.

Según el artículo 24 de la RLGRSS establece que *“los residuos del ámbito de gestión no municipal son aquellos de carácter peligroso y no peligroso, generados en las áreas productivas e instalaciones industriales o especiales. No comprenden aquellos residuos similares a los domiciliarios y comerciales generados por dichas actividades. Estos residuos son regulados, fiscalizados y sancionados por los ministerios u organismos reguladores correspondientes”*.

Teniendo en cuenta el proceso participativo para la elaboración del PIGARS JAÉN, 2015, han considerado conveniente incluir en la disposición final, los residuos generados en los establecimientos de salud (residuos no municipales), bajo la responsabilidad de recogida y transporte, tratamiento y disposición final por parte de los generadores, en coordinación con la autoridad municipal y la DIGESA.

#### **Periodo de planeamiento.**

Según el artículo 23 del RLGRSS, establece que “los PIGARS deben contener la Formulación de objetivos estratégicos de corto plazo (1 a 2 años), mediano plazo (3 a 5 años) y largo plazo (más de 5 años) necesarios para la continua y progresiva mejora del sistema provincial de manejo de residuos”.

En consecuencia, el período de planeamiento del PIGARS de Jaén es de largo plazo (se proyecta 10 años), el mismo que guarda una relación con el horizonte para plantear y evaluar propuestas de inversiones en infraestructura como es el relleno sanitario y la planta de tratamiento (PIGARS JAÉN, 2015).

#### **Nivel de intervención.**

Por el crecimiento población y la demanda de servicios de limpieza pública de la ciudad de Jaén, el tipo de relleno sanitario que le corresponde es de tipo “mecanizado”, cuya ubicación futura cuenta con el estudio de selección de sitio (PIGARS JAÉN, 2015).

#### **Objetivos estratégicos y metas del PIGARS.**

La Tabla N° 10, hace referencia a los objetivos estratégicos, con sus respectivas metas, contemplados en el PIGARS 2015.

Objetivo estratégico	Metas
<p><b>1:</b> Formar promotores de cultura ambiental en todos los niveles educativos, grupos organizados de interés y población para que participen activamente en el cuidado del ambiente a través de la gestión integral y sostenible de los residuos sólidos.</p>	<p>Implementar mecanismos de difusión masiva y desarrollo de educación ambiental para generar en la población, actitudes y aptitudes favorables para la gestión integral y sostenible de los residuos sólidos.</p> <p>Desarrollar estrategias de manejo integral y sostenible de los residuos sólidos para generar una cultura emprendedora en la población de la Provincia de Jaén.</p> <p>Capacitar y sensibilizar a la población beneficiaria del Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en las viviendas urbanas del distrito de Jaén, para que participen activamente y en forma organizada.</p> <p>Generar conciencia tributaria y cultura de pago de los arbitrios por limpieza pública de calidad.</p>
<p><b>2:</b> Fortalecer las capacidades de las municipalidades en un proceso continuo, integral y participativo en la gestión de los residuos sólidos.</p>	<p>Sensibilizar a las autoridades ediles para que fomenten la disposición de los residuos sólidos no aprovechables recolectados, en rellenos sanitarios y clausuren los botaderos informales.</p> <p>Lograr una cobertura del 100 % en la limpieza pública, segregación, recogida, transporte, tratamiento, reciclaje, transferencia y disposición final de los residuos sólidos.</p> <p>Disponer instalaciones en operación permanente que permitan la disposición final adecuada de los residuos sólidos, así como la realización del tratamiento, reciclaje y comercialización.</p> <p>Garantizar la sostenibilidad técnica y financiera de la gestión integral de residuos sólidos con un adecuado sistema de tributación y recaudación, así como el involucramiento del sector privado.</p> <p>Priorizar recursos económicos y fortalecer las capacidades técnicas del personal encargado de la ejecución y monitoreo del Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en las viviendas urbanas del distrito de Jaén</p> <p>Organizar y Formalizar a los recicladores informales.</p> <p>Generar plantas de reciclaje de residuos orgánicos e inorgánicos.</p>
<p><b>3:</b> Fortalecer la participación y concertación ciudadana, para lograr una adecuada gestión integral y sostenible de los residuos sólidos en la provincia de Jaén.</p>	<p>Desarrollar capacidades técnicas en las comisiones ambientales municipales para que se desarrollen con criterio de responsabilidad en la gestión ambiental.</p> <p>Capacitar y sensibilizar a las Instituciones Educativas involucrándolas en el desarrollo y ejecución del Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en las viviendas urbanas del distrito de Jaén</p> <p>Socializar, validar, aprobar e implementar el PIGARS buscando una amplia participación de instituciones integrantes de la Comisión Ambiental Municipal de la provincia de Jaén.</p> <p>Difusión y logros obtenidos del PIGARS por el órgano institucional correspondiente, en el marco de rendición de cuentas.</p>

Tabla N° 10 Objetivos estratégicos del PIGARS JAÉN, 2015.  
Fuente: PIGARS JAÉN, 2015.

### 3.2.2 Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales del distrito de Jaén, 2015 (EC-RSM).

Como bien afirma (Seco & colaboradores, 2004), los valores de producción de residuos varían estacionalmente debido a factores como la disminución de la actividad económica en las ciudades durante los meses de verano. En las zonas turísticas el fenómeno durante esa estación es el inverso. Además de los residuos domésticos, en una ciudad se producen otros residuos: los residuos industriales, los residuos correspondientes a la existencia de grandes extensiones de jardines y zonas verdes, etc. En cualquier caso, no es conveniente utilizar para el diseño final de los sistemas de recogida y tratamiento de residuos datos de la bibliografía, siendo muy recomendable la realización de muestreos lo suficientemente extensos como para permitir conocer los valores reales de producción de residuos.

Es así que en cumplimiento del PIGARS-2015 de la provincia de Jaén, y al artículo 9 de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, y su modificatoria el Decreto Legislativo N° 1065; el municipio de Jaén ha elaborado el EC-RSM – 2015, con la finalidad de conocer la producción per cápita (GPC), kg/[habitante\*día], dato que ha permitido tener una visión rápida de la cantidad de residuos sólidos que se genera en el municipio; la densidad de los residuos, dato importante utilizado en el dimensionamiento de los diversos sistemas de almacenaje, transporte y disposición final; la composición de los residuos, que permitirá recomendar diversos tipos de intervención como el reciclaje para los residuos inorgánicos y el compostaje para la materia orgánica; y el contenido de humedad, que permitirá aprobar o descartar ciertas tecnologías a aplicar para la disposición final.

Para la ejecución del actual estudio se ha tomado como base la “Guía metodológica para el desarrollo del estudio de caracterización de residuos sólidos municipales”<sup>21</sup> elaborado por el Ministerio del Ambiente (MINAM) en el año 2015, obteniendo una generación per cápita (GPC) de residuos domiciliarios de 0.64 kg/[habitante\*día]; siendo la densidad promedio de los residuos compactados 0.204 t/m<sup>3</sup>, y sin compactar 0.160 t/m<sup>3</sup>.

A continuación en la Tabla N° 11, se presenta la composición porcentual de los residuos sólidos municipales.

Composición porcentual	
Tipo de residuo	%
Residuos de comida	73.1
Madera, follaje doméstico	0.7
Papel blanco	2.9
Papel mixto	1
Cartón	2.1

<sup>21</sup> Esta guía tiene por objetivo orientar el desarrollo de Estudios de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales (EC-RSM) para el ámbito domiciliario y no domiciliario mediante una serie de pautas metodológicas que describen en forma clara, sencilla y precisa, los pasos a seguir para la obtención de las características de los residuos sólidos.

Plástico PET	2.1
Plástico duro	1.7
Cartón multilaminado (Tetra Pak)	1
Bolsas y film	4
Aluminio	3
Fierro	2.8
Cobre	0.6
Vidrio	1.3
Otros	3.7
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

Tabla N° 11 Composición de los residuos sólidos municipales.  
Fuente: Estudio de caracterización de RSM- 2015

Visto el Sexto Informe Nacional de residuos sólidos de la gestión del ámbito municipal y no municipal, realizado por el MINAM en el 2013, la generación per cápita (GPC) para el año 2013 alcanzó el valor de 0.56 kg/[habitante\*día] en el ámbito nacional. Los valores representativos para la costa, sierra y selva son 0.59, 0.51 y 0.55 kg/[habitante\*día] respectivamente. Al respecto se puede afirmar que la GPC de la ciudad de Jaén para el año 2016, es válida.

### **3.2.3 Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en las viviendas urbanas del distrito de Jaén al 42.8 % de la población, 2016.**

El Ministerio de Economía y Finanzas y el Ministerio del Ambiente, impulsan a que las municipalidades incorporen el reaprovechamiento de los residuos en las agendas ambientales municipales, mediante el **Plan de Incentivos a la Mejora de la Gestión y Modernización Municipal del año 2016, Meta 06:** *“Implementar un Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en viviendas urbanas”*, acorde con el inciso 12) del artículo 10 de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos: *“Implementar progresivamente programas de segregación en la fuente y la recogida selectiva de los residuos sólidos en todo el ámbito de su jurisdicción, facilitando su reaprovechamiento y asegurando su disposición final diferenciada y técnicamente adecuada”*.

#### **Objetivos del Programa.**

En ese sentido la Municipalidad Provincial de Jaén, en cumplimiento con la LGRRSS, y en concordancia con el PIGARS de la provincia de Jaén, viene implementando el “Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en las viviendas urbanas del distrito de Jaén al 42.8 % de la población”, aprobado mediante Decreto de Alcaldía N° 01-2016-MPJ/A, siendo su Objetivo general para el año 2016: contribuir a la minimización y reaprovechamiento de los residuos sólidos generados del 42.8 % de viviendas del distrito de Jaén, bajo la implementación del servicio de recogida selectiva de residuos sólidos.

### Beneficiarios.

Los beneficiados del Programa de Segregación en la Fuente son los vecinos que participan voluntariamente en el Programa, asimismo la Municipalidad Provincial de Jaén por el cuidado del medio ambiente, mediante una buena disposición final y segura de los residuos sólidos

### Presupuesto.

El presupuesto asignado para el desarrollo del programa de segregación y recogida selectiva de residuos sólidos de la ciudad de Jaén es por el periodo de un año.

### Duración del Programa.

El presente Programa tiene como inicio, enero del 2016 y una duración indefinida en tanto esté vigente el Plan de incentivos a la mejora de la gestión y modernización municipal.

### Avances del Programa.

Indicadores	Año 2012	Año 2013	Año 2014	Año 2015	Año 2016 (julio)
N° de viviendas inscritas en el programa.	1881	2216	3753	5628	8035
% de viviendas urbanas que contempla	8	12	20	30	42.8
Frecuencia de Recogida	Interdiaria				

Tabla N° 12 Avances del Programa hasta julio del año 2016.

Fuente: Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios-2016.

#### 3.2.4 Estudio de mercado de residuos reaprovechables.

El Programa de segregación de residuos (2016), ha contemplado la realización del estudio de mercado para los residuos sólidos reaprovechables en las 8 035 viviendas que participan del Programa (42.82 % de la población urbana) asimismo ha empleado la composición de los residuos sólidos según el Estudio de caracterización de residuos sólidos del año 201.

La valorización económica de los residuos reaprovechables a segregar se determina a partir del potencial de segregación efectiva de los residuos sólidos reaprovechables y de la canasta de precios del mercado local del reciclaje (ver Tabla N° 13 y Tabla N° 14).

N°	Tipo	Soles/Kg.	Soles/t
1	Papel blanco tipo bond	0.50	500.00
2	Papel mixto	0.20	200.00
3	Papel periódico	0.05	50.00
4	Cartón	0.30	300.00
5	PET	0.70	700.00
6	PP (Polipropileno)	0.7	700.00
7	PVC (Policloruro de Vinilo)	0.5	500.00
8	Tetrapak	0.10	100.00
9	Vidrio	0.10	100.00

10	Metal (Al)	2.50	2500.00
11	Metal (Fe)	0.40	400.00
12	Metal (Cu)	9.00	9000.00
13	Metal (Br)	7.00	7000.00
14	Lona	0.60	600.00
15	Plástico film	0.20	200.00
16	Jebe	1.00	1000.00

Tabla N° 13 Canasta de precios de residuos reciclables para el 2016.

Fuente: Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios-2016.

Tipo de Residuos Sólidos Reaprovechables	Composición residuos sólidos a comercializar (%)	Generación (t/mes)	Potencial de segregación (85 %)	Canasta de precios en el mercado (soles/t)
Papel blanco	2.9	17.90	15.21	500.00
Papel mixto - Color	1.0	6.17	5.25	200.00
Cartón	1.8	11.11	9.44	300.00
PET	2.1	12.96	11.02	700.00
Plástico duro	1.7	10.49	8.92	700.00
Bolsas*	4.0	24.68	20.98	500.00
Metales (Al)	3.0	18.51	15.74	2500.00
Metales (Fe)	2.8	17.28	14.69	400.00
Metales (Cu)	0.6	3.70	0.93	9000.00
Vidrio *	1.3	8.02	6.82	600.00
<b>Total</b>	<b>21.2</b>	<b>130.8</b>	<b>108.98</b>	<b>-</b>

\*Residuos no recuperador por los recicladores, debido a que el mercado exige que los residuos estén limpios.

Tabla N° 14 Estudio del mercado local de residuos comercializables, 2016.

Fuente: Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios-2016.

A través del análisis de la canasta de precios del mercado local de reciclajes se puede determinar el promedio de los costos por cada tipo de residuos sólidos que se reciclan en Jaén. También a través de esa información se puede determinar que producto es más rentable para su reciclaje. Cabe mencionar que la población acostumbra a vender sus residuos a recicladores informales.

### 3.3 ASPECTOS GERENCIALES Y ADMINISTRATIVOS.

Este apartado corresponde a las acciones de organización, financiamiento y administración del servicio de limpieza pública con el que cuenta la Municipalidad Provincial de Jaén.

#### 3.3.1 Organización del servicio.

Las municipalidades son responsables de asegurar la correcta prestación del servicio de limpieza pública. La Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos, promueve explícitamente la participación del sector privado en este servicio, situación que no ocurre en la Provincia Jaén y en muchas municipalidades de la región Cajamarca. Las municipalidades brindan el servicio de limpieza pública por “administración municipal directa”, usando un modelo organizacional relativamente homogéneo.

El Reglamento de la Ley N° 27314, Ley general de residuos sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, señala que es responsabilidad del municipio local la gestión de los

residuos desde el momento en que el generador hace entrega para su recogida, siendo para el caso particular de Jaén, la *Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental, a través Sub Gerencia de Gestión de Residuos y Limpieza* (ver Figura N° 5) el órgano responsable de la gestión de los residuos sólidos<sup>22</sup>. Las funciones de la Sub Gerencia en mención son<sup>23</sup>:

- Programar, dirigir, ejecutar, coordinar y controlar las actividades de gestión de residuos sólidos desde la recogida, limpieza, transporte, transferencia y disposición final.
- Proponer y ejecutar acciones para lograr mayor eficiencia y competitividad de los servicios de gestión de residuos sólidos que presta la municipalidad.
- Vigilar el cumplimiento de los reglamentos y normas para controlar la buena presentación y el ornato de la ciudad.
- Proponer y ejecutar programas de segregación y recuperación de residuos sólidos, con manejo técnico y sanitario adecuado.
- Promover y ejecutar proyectos de mantenimiento y conservación de los bienes de uso público tales como plazas, vías, áreas verdes y otros análogos.
- Fiscalizar y/o proponer normas que regulen y controlen la disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales.
- Promover la educación y cultura ambiental, estableciendo mecanismos y recursos para el manejo de las políticas establecidas.
- Elaborar, implementar y monitorear el Plan integral de gestión ambiental de residuos sólidos (PIGARS).
- Proponer, ejecutar y evaluar los programas de limpieza pública, programas de segregación y recuperación de residuos sólidos.
- Ejecutar las actividades de limpieza, transporte, recogida, transferencia y disposición final de los residuos sólidos que se producen en la jurisdicción del distrito.
- Fiscalizar y notificar el incumplimiento de las normas municipales en materia de su competencia cuando dichas actividades requieran de conocimiento especializado.
- Administrar el Sistema de Gestión Documentaria en el ámbito de su competencia, conforme a la normatividad vigente.

---

<sup>22</sup> Depende jerárquicamente de la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental de la MPJ.

<sup>23</sup> Información extraída del Reglamento Interno de Obligaciones y Funciones 2016-RIOF. Indica y detalla los reglamentos y funciones de la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental de la MPJ.



Figura N° 5 Organigrama de la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental.

Fuente: Pagina institucional <http://www.munijaen.gob.pe>

Cabe recalcar que la autoridad ambiental local competente en Jaén, a pesar de contar con funciones ya establecidas, presenta problemas para su cumplimiento, los que derivan de la excesiva rotación del personal nombrado, y el periodo de contratación de obreros y personal de locación de servicios (2 a 3 meses). La rotación es para evitar supuestas obligaciones laborales, y la forma de contrato es realizado por presión de cada nueva administración municipal; lo que limita la continuidad y viabilidad de proyectos, programas, acciones de los gobiernos locales encaminadas al reforzamiento de estas funciones (cada cuatro años empieza un nuevo proyecto y lo anterior se desecha con facilidad y no se considera que el desarrollo sustentable requiere de estrategias de acción a mediano y largo plazos), dando lugar a elevados costos de capacitación, déficit en la productividad y desempeño del personal.

### 3.3.2 Personal de servicio.

En la Tabla N° 15, se detalla el personal del área de limpieza pública, que por lo general, ha aprendido en forma empírica los asuntos relativos a este servicio o a las funciones que desempeñan. La capacitación del personal no es un tema de prioridad para la municipalidad.

Cargo de personal	
<b>EMPLEADOS NOMBRADOS</b>	
1	Gerente de Servicios Públicos
1	Coord. Limpieza Publica
1	Secretaria
1	Controlador
<b>OBREROS NOMBRADOS</b>	
6	Chofer
13	Recolector
29	Barredor
3	Operador de Maquinaria
<b>OBREROS CONTRATADOS</b>	
5	Chofer
18	Guardián
81	Barredor

Tabla N° 15 Personal del servicio de limpieza pública  
Fuente: PIGARS Jaén, 2015.

### 3.3.3 Financiamiento y administración.

Este se da a través de un pago mensual, emitido por la oficina de rentas mediante un recibo exclusivo al cobro del servicio de limpieza, con tarifas que varían según las características de la zona (estado de calles: pavimentadas, sin pavimentar; céntricas o periféricas) y el tipo de establecimiento, domiciliario, comercial, financieras, etc.; solo el 24 % de los contribuyentes realiza el pago puntal de servicio de limpia pública. Existiendo un déficit de ingresos, tomando en cuenta que el servicio de recogida y limpieza de la ciudad tiene un costo mensual de S/. 96,249 lo que equivale anualmente a S/. 1'404 281<sup>24</sup>. El servicio no se cubre al 100 % de las viviendas del casco urbano, es decir en promedio se atiende a un 90 % de la población de la ciudad de Jaén, no atendándose al 10 % restante básicamente por el inadecuado acceso que presentan las calles para el ingreso de los camiones recolectores, trayendo como consecuencia la eliminación de los residuos por parte de la población en puntos críticos.

## 3.4 ASPECTOS TÉCNICOS Y OPERATIVOS DE LA GESTIÓN MUNICIPAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Se analizan las etapas que compone el ciclo de vida de los residuos sólidos, es decir desde su generación hasta su disposición final. Se ha empleado como fuente de información principal, el PIGARS JAÉN, 2015 el cual contempla los datos recabados de la aplicación del EC-RSM, 2015.

### 3.4.1 Generación y composición de los residuos sólidos no domiciliarios.

Para determinar los residuos sólidos no domiciliario, es necesario conocer el número de predios domiciliarios, y los tipos o generadores no domiciliarios. La municipalidad provincial de Jaén no

<sup>24</sup> Costo equivalente actualmente a 374 475 euros/año.

cuenta con un catastro actualizado de la clasificación de predios no domiciliarios, siendo la información recabada a través de la Gerencia de recaudación de arbitrios, estando los predios agrupados según el lugar de generación de residuos (Tabla N° 16).

Lugar de generación	Cantidad	GPC (kg*día)	Generación de residuos (t/d)
Mercados	2537.00 puestos	2.40	6.09
Restaurantes	266.00 establecimientos	12.00	3.19
Hoteles, hospedajes	140.00 establecimientos	2.51	0.35
Instituciones educativas	35.00 establecimientos	20.02	0.70
Instituciones públicas	50.00 establecimientos	6.00	0.30
Barrido de calles y áreas verdes	1200	10.16	12.19
Comercio	725 establecimientos	4.00	2.90
<b>TOTAL</b>			<b>25.62</b>

Tabla N° 16 Generación de residuos sólidos no domiciliarios.  
Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos municipales de Jaén, 2015.

### 3.4.2 Generación y características de los residuos sólidos domiciliarios.

#### Proyección de la población urbana al 2017.

Para la determinación de la generación de residuos sólidos, es necesario la proyección de la población de ámbito urbano. En la Tabla N° 17, se presenta la tasa de crecimiento de la población, en comparación con los dos últimos censos realizados a la fecha; y en la Tabla N° 18, se proyecta la población al año 2017.

Año	Censo 1993	Censo 2007
Población Urbana	46 477	71 565
Población Rural		14 456
Tasa de crecimiento	3.1	

Tabla N° 17 Tasa de crecimiento de la población.  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática –INEI.

Año	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Población	71565	73806	76117	78500	80958	83493	86108	88804	91585	94452	97410

Tabla N° 18 Proyección de población al año 2017.  
Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INEI.

#### Generación per cápita.

La generación per cápita (GPC) de residuos sólidos domiciliarios en el año 2017 obtenida mediante el EC-RSM, es de 0.65 kg/[habitante\*día]. Teniendo como dato base que en el año 2015, la GPC fue de 0.64 kg/[habitante\*día], en la Tabla N° 19, se ha realizado la proyección de la GPC para el presente año.

Año	GPC (kg/[habitante*día])
2013	0.62
2014	0.63
2015	0.64
2016	0.64
2017	0.65

Tabla N° 19 Generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios al 2015.  
Fuente: Estudio de caracterización de residuos sólidos – 2015.

### **Densidad de los residuos sólidos domiciliarios generados al 2017.**

Una de las características importantes de los residuos sólidos es su densidad, este valor es utilizado en la fase de recogida y disposición final. Según el EC-RSM- 2015 la densidad promedio de los residuos sólidos domiciliarios compactados es 0.204 t/m<sup>3</sup>, y sin compactar es 0.160 t/m<sup>3</sup>. La variación porcentual entre la densidad compactada y sin compactar permite tener una idea del grado de asentamiento de los residuos por su propio peso, cuando son dispuestos en algún espacio sin ningún tipo de tratamiento y de la reducción del volumen por la utilización de equipamiento urbano con compactación, como son los camiones recolectores compactadores.

### **Composición de los residuos sólidos domiciliarios.**

El parámetro composición de los residuos sólidos domésticos es importante, especialmente para implementar acciones adecuadas de tratamiento y reducción de los volúmenes a gestionar. El tratamiento contribuye de manera significativa a alargar la vida útil de las instalaciones de disposición final, cuya construcción y operación es uno de los principales componentes del costo de los sistemas de gestión de los residuos sólidos. En la Tabla N° 11, se presenta la composición de los residuos sólidos en la ciudad de Jaén según el EC-RSM del año 2015.

Los residuos están compuestos por el 73.8 % materia compostable, lo cual permite llevar a cabo acciones para la implementación de alguna técnica para la elaboración de abonos orgánicos como compost, que servirán para abonar los parques y jardines de la ciudad, así como uso de propagación de plantas en el vivero municipal.

Se estima que el 21.2 % está compuesto por residuos reaprovechables. Mientras que el 5 % irá a vertedero como última técnica de disposición final.

#### **3.4.3 Almacenamiento de residuos sólidos.**

Las formas más comunes de almacenamiento intra domiciliario se presentan en recipientes como: baldes de plástico de diferentes tamaños, generalmente son de 20 litros, sacos de polietileno de aproximadamente 50 Kg o de diferentes tamaños y presentaciones. Según el PIGARS realizado en la ciudad de Jaén, para la recolección de esta información se ha contemplado la aplicación de

encuestas<sup>25</sup> a los pobladores de Jaén., cuyos resultados son: cantidad de residuos que mayormente eliminan en casa, el 76 % no tienen idea de cuanta cantidad diaria producen de residuos sólidos y el 24 % estima que producen entre 2 kg. a 4 kg. de residuos/día. El 90 % utiliza sacos de polietileno para almacenar sus residuos, el 8 % en bolsas plásticas y el 2 % en tachos recolectores. Estos recipientes dificultan la operación al personal de recogida por que se deterioran fácilmente. El 75 % mantiene tapado el depósito recolector de residuos. El 51 % vierte las sobras de alimentos al depósito de residuos. El 26 % deposita maleza de jardines, excremento de cuy en el recipiente de residuos.

No se cuenta con contenedores móviles o fijos para almacenar los residuos en la vía pública, de ahí la existencia de puntos críticos en la ciudad y por consiguiente la acumulación de residuos sólidos en lugares públicos.

No existe ningún tipo de clasificación domiciliaria, pero si existe la demanda de los recicladores informales; es por eso que existen familias que viven cerca del vertedero que se dedican a reciclar de manera informal, exponiéndose al peligro de contaminación.

#### **3.4.4 Servicio de barrido de calles y áreas verdes.**

El barrido de las calles, se realiza de manera manual por obreros de limpieza provistos de escobas, recogedores, palanas y carretillas como material de equipamiento. Además se cuenta con la definición de calles y zonas de barrido (sólo calles pavimentadas) para los 110 operarios, quienes realizan el barrido de las calles en dos turnos de lunes a sábado en horarios de 00:00 - 04:00 y de 09:00 -13.00 horas (ver Tabla N° 20).

Los residuos sólidos barridos, son recogidos en carretillas y transportados a los vehículos recolectores, y almacenados en zonas (consideradas a la actualidad como puntos críticos de contaminación) a la espera del vehículo recolector, para luego ser transportados al lugar de disposición final.

Los responsables del área de limpieza de la municipalidad manifiesta que el rendimiento promedio es de 0.6-0.8 km/operario/días en el barrido de calles debido a que en las calles se acumulan considerables cantidades de partículas de tierra o sedimentos que son arrastradas en días de lluvia. Se estima una recogida diaria como resultado de barrido de calles de 88000 ML.

---

<sup>25</sup> Anexo 04 del PIGARS JAÉN, 2015: Encuesta de hogares distrital/provincial – sobre residuos sólidos y aspectos sociales

Calles atendidas	Personal del Barrido	Vías	Frecuencia	Turnos	Días	Horarios	Generación de Residuos (t/d)
Principales calles y avenidas de la ciudad. calles periféricas	110	pavimentada y sin pavimentar	diaria	día y noche	lunes a sábado	12:00 a.m. a 04:00 a.m. y de 09:00 a.m. a 01:00 p.m.	12

Tabla N° 20 Barrido de calles.

Fuente: Gerencia de Gestión y desarrollo ambiental-2016.

### 3.4.5 Servicio de recogida.

El servicio de limpieza pública y de recogida de los residuos sólidos está a cargo de la municipalidad por "administración directa". Esta etapa actualmente no se registra, ni evalúa de modo sistemático, solo se cuenta con una cobertura del 75 % de la población que se ubica en el casco urbano de la ciudad, quedando desatendidas las zonas rurales. Ante la carencia de este servicio, la población deposita los residuos en zonas que se han convertido en pequeños vertederos ilegales.

La recogida de residuos sólidos domiciliarios, comercial institucional y de mercados se hace en forma manual. Cuando pasa la unidad recolectora se toca una campana, siendo los obreros quienes recogen los recipientes con residuos para posteriormente verter su contenido dentro de la tolva, seguido de la devolución del recipiente vacío. Se carece de contenedores móviles o fijos y también de equipos de alza contenedores.

En la ciudad de Jaén se cuenta con 06 vehículos recolectores de residuos sólidos, de los cuales tres son compactadores y tres son de baranda. Los mismos que realizan el servicio, dependiendo de su estado mecánico y la disponibilidad financiera para su operación; lo cual conlleva en diversas oportunidades a alterar el ruteo, la frecuencia y cobertura en algunos sectores de la ciudad, lo que trae consigo la acumulación de "basurales" en puntos críticos. En la Tabla N° 21 se presenta el inventario de maquinaria con que cuenta la municipalidad de Jaén para el servicio de recojo de residuos.

Marca	Tipo	Años de antigüedad	Capacidad		Descripción
			(m <sup>3</sup> )	t	
Mitsubishi	Baranda	18	4	2.2	Residuos de camal municipal (Recogida diaria)
Volquete	Baranda	18	6	3.2	Limpieza de puntos críticos y áreas verdes. (Recogida inter diaria). Residuos de mercados (Recogida diaria).
Pegaso	Baranda	15	8	4.5	Barrido de calles y zonas con dificultad en acceso vial. (Recogida inter diaria).
Volkswagen	Compactador	5	12	6.5	

Volkswagen	Compactador	5	15	8	Programa de segregación (apoyado con 02 moto cargueras y 01 canter; a cargo de asociación de recicladores) (Recogida diaria).
Volkswagen	Compactador	5	15	8	Resto de población con accesibilidad vial. (Recogida diaria).
Volkswagen	Compactador	Nuevo*	15	8	
Volkswagen	Compactador	Nuevo*	15	8	
Mitsubishi	Canter	Nuevo*	7	5	Zonas con dificultad en acceso vial. (Recogida inter diaria).

\*Vehículos brindados por el Ministerio del Ambiente y Ministerio de Economía y Finanzas, en cumplimiento del **Plan de Incentivos a la mejora de la gestión y modernización municipal del año 2016, Meta 06:** “Implementar un Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en viviendas urbanas”, acorde con el inciso 12) del artículo 10 de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.

Tabla N° 21 Equipamiento vehicular de la Municipalidad para el servicio de recogida.  
Fuente: Gerencia de Gestión y desarrollo ambiental-2016.

Cada camión recolector está bajo la responsabilidad de un conductor. En total se cuenta con 12 conductores para la recogida de los residuos sólidos de la ciudad de Jaén, turnándose en horario de mañana y tarde. Adicionalmente se cuenta con el apoyo de 45 personas que cumplen la función de ayudantes, quienes no poseen la indumentaria adecuada ni implementos de seguridad personal.

Asimismo, la ciudad de Jaén no cuenta con estaciones de transferencia de residuos sólidos. Por este motivo, las unidades de recogida primaria se encargan de transportar los residuos hacia el lugar de disposición final, el vertedero controlado<sup>26</sup>, ubicado a 10 km del centro de la ciudad de Jaén.

### **3.4.6 Transporte y transferencia.**

El transporte de los residuos sólidos es realizado por las unidades recolectoras que cubren una distancia de 10 km, desde la Plaza de Armas hasta el lugar de su disposición final denominado Vertedero Controlado Municipal.

La ruta utilizada para llevar los residuos sólidos es la pista asfaltada de 4 km que conduce al sector de San Isidro, para continuar con 6 km de carretera sin asfaltar. Para el transporte de ida y vuelta las unidades emplean aproximadamente 90 minutos.

Los tres camiones recolectores de tipo baranda, no reúnen las especificaciones técnicas suficientes para realizar una adecuada recogida y transporte debido a carencias de sistemas de compactación, además por ser camiones abiertos los residuos sólidos se van cayendo en el trayecto. Estas unidades de transporte tienen un alto consumo de combustible por jornada de trabajo en comparación con los vehículos compactadores.

---

<sup>26</sup> Actualmente el vertedero controlado que inició sus operaciones a finales del año 2013, actualmente es un vertedero fuera de control, habiendo excedido los 2 años de vida útil.

No se cuenta con personal capacitado en el servicio de recogida y transporte, debido a que gran parte de ellos es cambiado periódicamente.

#### **3.4.7 Tratamiento – valorización.**

El Programa de segregación de residuos sólidos de la ciudad de Jaén, desde sus inicios hasta la fecha, contempla la etapa de tratamiento de la totalidad de los residuos que formen parte de este programa. Esta etapa es realizada en instalaciones demarcadas dentro del vertedero controlado de la ciudad de Jaén.

No se tiene infraestructura de reaprovechamiento donde se realice en forma adecuada la segregación de los residuos reaprovechables.

Así también, dentro de la ciudad de Jaén, existen lugares informales de compra de reciclables como papel, metales, botellas de plástico entre otros; las familias que se dedican al reciclaje manual, sin tecnología alguna para el reaprovechamiento de los residuos. Luego realizan su transporte a los mercados de la costa. Bajo este contexto, el reaprovechamiento de los residuos sólidos reciclables en la ciudad de Jaén no se realiza de manera formal y no todo lo reciclable se aprovecha.

#### **3.4.8 Disposición final.**

##### **Vertedero controlado.**

Como se viene comentando líneas arriba, la disposición final de los residuos sólidos es realizada en el vertedero denominado “Vertedero Controlado Municipal”, cuya área de terreno es de propiedad de la municipalidad y fue adquirida previo un Estudio de selección de sitio realizado en octubre del año 2012.

El Estudio de selección de sitio fue realizado contemplando la instalación del futuro relleno sanitario para la ciudad de Jaén. Por lo que al decidir cerrar el antiguo vertedero a cielo abierto, se realizó un expediente técnico para la construcción del vertedero controlado, con una vida útil de 02 años, tiempo estimado y necesario para la elaboración y aprobación del expediente técnico del relleno sanitario. Sin embargo, actualmente la MPJ viene realizando las coordinaciones para su elaboración; por lo que el expediente técnico del vertedero controlado ha sido actualizado en julio del 2015 por un periodo de 02 años más de funcionamiento.

##### **Vertederos informales.**

La ciudad de Jaén cuenta con puntos críticos de arrojado de residuos, ubicados en zonas de poca luminosidad y en el perímetro del casco urbano donde por problemas de inaccesibilidad, las rutas de recogida de residuos no las contempla.

### 3.4.9 Otras consideraciones en la gestión de los residuos sólidos.

#### Reciclaje informal.

En la Ciudad de Jaén, existen familias que trabajan en el reciclaje informal de los residuos de la urbe, así como en el vertedero. Los recicladores separan residuos como: botellas y recipientes de plástico, metales, papel y cartón, y plumas (provenientes de los camales de aves o de negocios que venden carne de pollo), que son enviados a la costa para producir concentrados. La frecuencia con que realizan esta actividad es de 2 veces al día. Realizan los procesos de recogida, ordenamiento, limpieza, almacenamiento y posteriormente el transporte a la ciudad de Chiclayo para su venta.

Es necesario realizar un estudio más analítico sobre los recicladores informales, para brindar alternativas, como la conformación de una empresa que pueda mejorar sus condiciones de trabajo y fortalecer su cultura ambiental.

Como se ha comentado en el apartado respecto al Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en las viviendas urbanas del distrito de Jaén al 42.8 % de la población; la formalización de recicladores es uno de los objetivos específicos que contempla el Programa.

#### Puntos críticos.

En la Tabla N° 22, se mencionan los puntos críticos que existen en la actualidad, debido a la costumbre de la sociedad en depositar los residuos en estos lugares a pesar de contar con el servicio diario de recogida municipal.

Ubicación	Volumen estimado que se deposita (t/d)	Observaciones
Calle Garcilazo de la Vega (altura entre las cuadras 2 y 3 de Av. Pakamuros)	0.3	Acumulación diaria
Costado del Parque Héroes del Cenepa	0.22	
Plataforma Mcdo. 28 de Julio.	0.18	
Parada Roberto Segura	0.89	
Al costado del grifo Virgen de la Puerta	0.16	
Coliseo cerrado	0.5	
Calle Capellán Duarez (costado del colegio Bracamoros)	0.32	
<b>Acumulación Total</b>	<b>2.6</b>	

Tabla N° 22 Puntos críticos de acumulación de residuos sólidos urbanos.  
Fuente: PIGARS Jaén - 2015

#### Residuos peligrosos - hospitalarios.

Los centros de salud de Magllanal y de Morro Solar cuentan con un micro relleno y el Hospital General con un incinerador, por lo cual los residuos peligrosos no se eliminan conjuntamente con

los residuos domiciliarios. Siendo el interés de los trabajadores del centro de salud el de manejar sus residuos hospitalarios en un futuro en el relleno sanitario municipal, previo convenio entre las dos instituciones.

### **3.5 ASPECTOS POBLACIONALES.**

El 57 % de la población de Jaén no cuenta con la adecuada difusión y /o sensibilización en temas de residuos sólidos, existiendo inadecuados hábitos de higiene. El poblador no está acostumbrado a almacenar los residuos por más de tres días en el interior de su domicilio, si el vehículo recolector no pasa; los residuos son eliminados en el punto crítico más cercano. En algunos casos los mototaxistas son contratados para evacuar los residuos de los domicilios, los cuales son depositados en lugares inadecuados.

La limitada cobertura de programas de Educación ambiental en el tema de residuos sólidos, sumado a una escasa difusión sobre el uso del pago del servicio que le brinda la municipalidad hace que los niveles de morosidad sean cada vez más altos.

Una de las organizaciones más importantes que concentran a diferentes instituciones públicas y privadas, es la Mesa de Concertación, en donde se dialoga y tratan los problemas de la ciudad, distrito, provincia, región o país; buscando alternativas de solución. En la ciudad de Jaén el 92 % desconoce sobre su existencia.

## CAPÍTULO 4: PROPUESTA PARA EL MEJORAMIENTO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

El diagnóstico de la situación actual de la gestión de los residuos sólidos urbanos en la ciudad de Jaén hace evidente la problemática ambiental, que conlleva al planeamiento urgente de acciones y trabajo coordinado entre el gobierno local y la ciudadanía.

En este capítulo se desarrolla la propuesta de mejora con un enfoque prospectivo, viable y sostenible, garantizando que las decisiones tomadas en el presente trabajo, cumplan con la normativa legal vigente, consiguiendo mejoras en la gestión integral de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Jaén.

Se define como estrategia general buscar la mejora de la gestión integral de los residuos sólidos en cumplimiento con lo que establece la normativa ambiental, trayendo consigo la reducción de impactos ambientales, de costes operativos y el cambio de cultura ambiental en la sociedad.

### 4.1 MODALIDAD DE GESTIÓN.

La gestión de los residuos sólidos del ámbito de gestión municipal se realizará mediante administración directa con asistencia técnica y bajo la modalidad de contrata para los componentes de infraestructura.

Cabe recalcar que en el año 2014, el municipio de Jaén inició las coordinaciones con la Empresa prestadora de servicios de residuos sólidos “PETRAMAS S.A.C” para evaluar la viabilidad de realizar el servicio de limpieza pública mediante modalidad de administración mixta<sup>27</sup>, sin embargo se obtuvieron respuestas desalentadoras al justificar que la cantidad de generación de residuos sólidos domiciliarios por la ciudad de Jaén era inferior a las 75 t/día que ellos exigían para que el proyecto sea viable técnica y económicamente.

### 4.2 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA.

#### 4.2.1 Objetivos.

La propuesta se fundamenta en el enfoque integral de la gestión de los residuos sólidos urbanos de la ciudad de Jaén, mediante los siguientes objetivos.

- Fortalecer la gestión municipal, autoridad competente en la adecuada gestión de los residuos sólidos de la ciudad de Jaén.
- Sensibilización ambiental en la sociedad en temas de protección ambiental y minimización-

---

<sup>27</sup> Administración directa: servicio prestado por la municipalidad y Empresa prestadora de servicios de residuos sólidos (EPS-RS)

reutilización de residuos sólidos en origen.

- Mejorar la calidad de gestión de los residuos sólidos contribuyendo al progreso tecnológico en cada una de las etapas lo conforman.

#### **4.2.2 Temporalidad de la propuesta.**

##### **Acciones a corto plazo de 0 a 2 años.**

Las acciones que se establecen están encaminadas a la mejora de la situación actual de la gestión de los residuos sólidos, que servirá de base para el posterior desarrollo de las acciones de mediano plazo. Las siguientes actividades conforman las acciones a corto plazo.

Reforzar el rol de la administración local, como responsable de la gestión de los residuos sólidos de la ciudad de Jaén

Iniciar las acciones previas para la construcción de la zona de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

Fomentar la cultura ambiental en la sociedad mediante la sensibilización y concientización sobre su participación activa y responsable en la gestión integral de los residuos sólidos incluyendo el pago de arbitrios por servicio de limpieza pública.

Optimizar el alcance de rutas y horarios de recogida de residuos sólidos urbanos.

##### **Acciones a mediano plazo de 2 a 4 años.**

Tratándose de aplicación de mayores niveles de inversión, capacidad organizativa y participación de la población en su conjunto, las actividades a considerar son:

- Organizar la recogida selectiva mediante la instalación de contenedores diferenciados para fracción fermentable y fracción resto.
- Iniciar las operaciones de la instalación de tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.
- Seguimiento y extensión de la cultura ambiental.

##### **Acciones a largo plazo de 4 a 10 años.**

- Ampliar el alcance de la gestión de los residuos sólidos.
- Iniciar las operaciones de mantenimiento

#### **4.2.3 Programa de actuación.**

Para ofrecer una estrategia integral al problema de la gestión de los residuos sólidos en la ciudad de Jaén, las alternativas deben incluir los elementos imprescindibles, es decir, aquellos que no

pueden faltar en el sistema, como son: el almacenamiento público, la recogida selectiva en origen, el transporte, estaciones de transferencia, tratamiento (valorización de residuos reaprovechables y compostaje) y la disposición final; priorizando además el fortalecimiento de capacidades de los principales actores del sistema de manejo de residuos: población civil, funcionarios municipales, escolares y docentes, funcionarios de empresas privadas, y medios de comunicación masiva.

Es por ello que en cumplimiento de los objetivos planteados, se ha considerado necesario establecer un Programa de Actuación, enfocado en tres ejes de actuación, los cuales se detallaran individualmente en los siguientes apartados.

- Eje N° 01: Fortalecimiento de la gestión municipal.
- Eje N° 02: Sensibilización ambiental en la sociedad.
- Eje N° 03: Mejoramiento de la calidad de gestión de los residuos sólidos.
  - Generación y separación en fuente.
  - Pre- recogida y recogida selectiva.
  - Tratamiento de los residuos (valorización).
  - Disposición final.

#### **4.3 EJE N° 01: FORTALECIMIENTO DE LA GESTIÓN MUNICIPAL.**

En la administración local de la ciudad de Jaén es indispensable el reforzamiento del rol de la Municipalidad Provincial de Jaén, específicamente la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental, como autoridad competente en el manejo de los residuos sólidos para poder realizar planes de manejo que se ajusten al cumplimiento de la normativa legal vigente y a las necesidades de la sociedad.

En coherencia con las funciones de la autoridad ambiental local competente, se propone:

- Desarrollar capacidades técnicas y gerenciales en los actores involucrados, para que la normatividad referida al manejo de los residuos sólidos sea efectiva. Específicamente mediante un Programa de capacitación que busque desarrollar las capacidades de autoridades, funcionarios y trabajadores de la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental de la MPJ.
- Desarrollar un Plan de comunicación y educación dirigido principalmente a la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental de la MPJ, que permita "brindar ideas, sugerencias y recomendaciones para el diseño de acciones estratégicas para la mejorar la comunicación tanto a nivel interno de la institución, como con los demás actores (agrupados por la Comisión Ambiental Municipal- CAM), que permitan estrechar la relación con la población.

- Reforzar la articulación entre la municipalidad, la población e instituciones públicas y privadas para la planificación de estrategias entre los diversos actores (precedido por la CAM) para implementar la gestión sostenible de los residuos sólidos municipales, basado principalmente en la recaudación tributaria eficiente y solidaria, como esencia para garantizar que la administración pública tendrá parte de los recursos para atender las necesidades de saneamiento de sus ciudadanos.
- Priorizar, evitar la "fuga de cerebros" hacia otras instituciones. Personas que han participado en procesos formativos, y en las cuales el Municipio de Jaén ha invertido importantes recursos económicos.
- Descentralizar el financiamiento y gestión de los servicios de saneamiento, enfatizando en el desarrollo sostenible de la jurisdicción del departamento de Cajamarca, mediante el fortalecimiento de la capacitación profesional de las sedes locales.
- La formulación y aprobación de Acuerdos Locales y/o Ordenanzas Municipales para promover la cultura del manejo de los residuos sólidos, como resultado de una serie de actividades desarrolladas con la participación y diversidad de opiniones los actores de la sociedad. Dichas aprobaciones, deberán establecer estímulos y sanciones para garantizar su cumplimiento efectivo. Por lo general una ordenanza municipal debe considerar al menos 4 secciones de acuerdo a los considerandos generales que hacen referencia a los derechos y responsabilidades individuales y colectivas, así como a algunos cuerpos legales:

Título I.- Disposiciones generales: incluye lo referente a la generación de residuos sólidos y su clasificación; la limpieza de la vía pública; la recogida de residuos sólidos, su tratamiento, disposición final; y los aspectos para el cierre, clausura y acciones de mitigación de impactos negativos.

Título II, acciones de limpieza de la vía pública: incluye regulaciones para la limpieza de vías y áreas públicas; crean normativa sobre lo relacionado a la suciedad de la vía pública a consecuencia de obras y actividades diversas; la limpieza y mantenimiento de solares, así como la repercusión en la limpieza respecto a la tenencia de animales en la vía pública.

Título III, de la recogida de residuos sólidos urbanos, voluminosos, domiciliarios, condiciones generales y ámbito de prestación del servicio de recogida; las características de los recipientes, tipos y utilización.

Título IV, sanciones, tasas y estímulos: proceso a seguir en caso de denuncias e infracciones; se establecen también normas para el establecimiento de las tasas y estímulos necesarios. Incluye un plan tarifario establecido de manera participativa y que deberá ser evaluado anualmente.

#### **4.4 EJE N° 02: SENSIBILIZACIÓN AMBIENTAL EN LA POBLACIÓN.**

En el entorno social de la ciudad de Jaén, la cultura ambiental no está consolidada y los ciudadanos actúan como consumidores que no contemplan, ni asumen el impacto de sus acciones. Cualquier medida o acción que se desea implementar para mejorar la gestión de los residuos sólidos no tendría buenos resultados si antes no se piensa en sensibilizar a la población en su participación responsable al ser ellos los generadores de estos residuos. Siendo necesario que el gobierno local incorpore a actores de la sociedad en la comunicación de la gestión de los residuos sólidos.

Fonseca (2005), define a la comunicación como el llegar a compartir algo de nosotros mismos, es una cualidad racional y específica del hombre, que surge de la necesidad de ponerse en contacto con los demás, intercambiando ideas, que adquieren un sentido o significación de acuerdo con experiencias previas comunes. Además según Stanton (2007), afirma que la comunicación es transmisión verbal o no verbal de información entre alguien que quiere expresar una idea y quien espera captarla o se espera que la capte. Según la definición de los autores mencionados se puede concluir al proceso de comunicación como aquella cualidad para intercambiar ideas de aquel que quiere expresar algo y quien espera captar.

##### **4.4.1 Objetivo.**

Integrar activamente a la sociedad en el proceso de la gestión de los residuos sólidos. Para lograr el objetivo planteado se definen acciones que permitan, difundir en la población información relacionada con el papel responsable que juegan dentro de los programas y planes municipales en la gestión de los residuos sólidos, y el desarrollo de talleres de capacitación inducido al sector público, privado y organizaciones civiles.

##### **4.4.2 Aspectos generales de la sociedad a sensibilizar.**

Los actores identificados a nivel municipal se engloban en la Comisión Ambiental Municipal (CAM) quien reúne a integrantes del sector público, privado y a la sociedad civil, para coordinar temas ambientales de su jurisdicción Articulan sus políticas ambientales con las Comisiones Ambientales Regionales (CAR) y el Ministerio del Ambiente, 2017.

##### **Comisión Ambiental Municipal, CAM JAÉN.**

Actualmente la ciudad de Jaén cuenta con la CAM, reconocida legalmente mediante Ordenanza Municipal N° 022-2006-MPJ. Dirigida por el alcalde provincial de Jaén y el asesoramiento de la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental.

La CAM al ser el espacio de participación multisectorial, está encargada de coordinar y concertar la Política Ambiental Local. Además promueve el diálogo y el acuerdo entre los representantes del sector público, privado y sociedad civil.

Sin embargo a pesar de ser el espacio de participación multisectorial, la sociedad en su conjunto no conoce su existencia y más aún, las instituciones públicas y privadas que la conforman no participan activamente en la discusión, análisis, búsqueda de acuerdos y mecanismos para hacer operativos los instrumentos de gestión ambiental, y poder enfrentar las oportunidades, problemas y conflictos ambientales.

#### **4.4.3 Mecanismo de sensibilización en la sociedad.**

La comunicación social, educación y sensibilización ambiental constituyen elementos clave para crear condiciones favorables para el desarrollo de la Propuesta. Para ello se sugiere utilizar realizar campañas educativas en los hogares, fomentar las buenas prácticas en las instituciones educativas, mediante difusión canales de comunicación existentes como emisoras, canales retransmisores de televisión y diarios locales. Las acciones en este campo se desarrollarán paralelamente al mejoramiento del servicio de limpieza pública a efectos de potenciar los impactos positivos en el medioambiente.

##### **4.4.3.1 Herramientas.**

###### **Afiches.**

Los afiches permiten desarrollar contenido informativo a nivel de institución, estableciendo una clara identificación del proyecto y la concertación con la población. Los afiches son ubicados en lugares visibles especialmente en instituciones públicas y privadas implicadas en el proyecto.

###### **Trípticos.**

Son herramientas de difusión muy efectivas en la difusión y sensibilización. El lenguaje claro y apoyado del soporte de gráficos y diagramas atrae al lector a informarse sobre los programas y proyectos ambientales.

###### **Medios de comunicación radial, televisiva y escrita.**

- Medios de comunicación radial.

Esta herramienta es utilizada como difusión masiva los materiales y productos elaborados deben ser cortos, preciso y no exceder los 20 o 25 segundos, las voces incluidas deben ser masculinas y femeninas por un tema de equidad de género. La buena calidad de la producción del Audio y Video serán determinantes.

En la ciudad de Jaén se cuenta con medios de comunicación radial de alcance distrital y provincial, los más conocidos son: Radio Marañón, Radio Visión, Lorito Radio, Radio Antares, Radio Jaén, Radio de Colores, Radio Selecta, Radio Estéreo TV(Musical), Radio Calibre (Musical). La cobertura de varios medios locales, tienen alcance dentro del distrito de Jaén, dos de estas radios tienen cobertura a nivel interdistrital (Radio Visión) e interregional (Radio

Marañón), el tipo de información o mensaje que emiten la mayoría de radios son de entretenimiento generalmente con franjas informativas (noticieros ) por la mañana y medio día.

La oficina de control institucional de la Municipalidad Provincial de Jaén y la Federación de Periodistas de Jaén son aliados necesarios para apoyar las acciones de la gestión de los residuos sólidos.

- Medios de comunicación televisivos.

Visión TV - Canal 21 ocupa un espacio en señal local abierta, dentro de su programación, se encuentra el espacio informativo llamado “El Espectador” de alta sintonía a nivel local y un informativo matutino.

- Medios de comunicación escrita.

Se han identificado medios impresos de los cuales solo uno tiene alcance en los distritos de Jaén (diario Ahora Jaén). El diario Nor Oriente es un quincenario de difusión regional en el sur de Cajamarca. Diario Dominical 07, es un semanario que emite la Municipalidad provincial de Jaén aparece desde Abril del 2013 los días lunes y mantiene un tiraje de 1000 a 1500 ejemplares. Informa sobre actividades de la municipalidad, coyuntura local y regional. Es dirigido por el equipo de imagen institucional.

El consumo de estos medios escritos es de alcance local y es adquirida por la población adulta en su mayoría. Cabe señalar que existen otros medios escritos de aparición intermitente financiados por poderes e intereses propios.

En la ciudad de Jaén, los medios de comunicación identificados en sus tres modalidades, escrita, radial y televisiva; se observa que la mayoría de ofertas informativas son las radiales, medio más cercano a la población después de la televisión, los pocos medios escritos traducen el poco interés por la lectura en la población.

### **Espacios de debate público - Audiencias.**

Espacios como: Comisión Ambiental Municipal (CAM), Plan de Desarrollo Provincial Concertado al 2021, Sesiones de la CAM; son espacios reconocidos, por autoridades de los diversos sectores de la provincia, cuenta con la participación de las instituciones representativas de las actividades económicas, políticas y técnicas de la provincia.

### **Ferias, foros, conferencias.**

Participar en las actividades como ferias, foros, conferencias relacionadas con el desarrollo de la provincia (turismo, producción, educación, deporte, arte, etc.) constituye un espacio de comunicación valioso para posicionar a la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental de la MPJ en diversos públicos.

#### **4.4.3.2 Acciones.**

En el apartado anterior se ha determinado que la Comisión Ambiental Municipal (CAM) de la ciudad de Jaén, engloba a la sociedad tanto del sector público, privado y organizaciones y asociaciones de la sociedad civil, como principales actores en temas ambientales, incluyendo su participación en la gestión integral de los residuos sólidos. Frente a este contexto se propone:

- **Acción principal:** Articulación institucional con la Comisión Ambiental Municipal Jaén.
- **Acciones específicas:** Campañas de sensibilización de consumo responsable y separación de los residuos sólidos en la fuente de origen; Fomento de buenas prácticas en manejo de residuos sólidos en instituciones educativas de educación básica (I.E.E.); Coordinación con institutos de formación técnica superior y universidades; Difusión en vías públicas.

#### **4.4.4 Articulación Institucional con la Comisión Ambiental Municipal, CAM Jaén.**

Entiéndase articular por la acción de “unir y enlazar las partes de un todo en forma funcional”. La municipalidad provincial de Jaén lidera la CAM. La articulación busca reconocer e integrar la CAM con actores de toda la provincia.

Por ello se propone la integración y liderazgo responsable de los actores que integran la CAM mediante espacios donde se pueda discutir, analizar, buscar acuerdos y mecanismos para la gestión integral de los residuos sólidos.

#### **Actores principales.**

Se ha identificado a los actores principales con los que se podrá llevar a cabo la articulación institucional con la CAM Jaén.

- Instituciones públicas.
  - ALA; Administración Local del Agua - Junta de Usuarios Distrito de Riego - Jaén
  - PEJSIB; Proyecto Especial Jaén San Ignacio Bagua
  - SENASA; Servicio Nacional de Sanidad Agraria Jaén
  - UGEL; Unidad de Gestión Educativa Local Jaén
  - CAM; Comisión Ambiental Municipal
  - DISA; Dirección de Salud Jaén
  - INC; Instituto Nacional de Cultura en Jaén.
  - UNC; Universidad Nacional de Cajamarca (Sede Jaén)
  - UNJ; Universidad Nacional de Jaén

- Instituto Superior Tecnológico 4 de Junio de 1821
- Instituto Pedagógico "San Agustín"
- I.S.P.P. Víctor Andrés Belaunde.
- Defensa Civil (bajo el control de la MPJ)
- Policía Nacional del Perú, división policial en Jaén
- Instituto Provincial de Cultura
- Instituciones privadas.
- VIMA; Vicaria del Medio Ambiente
- ONG-SER; Servicios Educativos Rurales
- CARITAS JAÉN. Entidad del Vicariato
- Medio impresos: Ahora Jaén y Semanario Nor Oriente
- Medios radiales: Radio Lorito, Radio Marañón, Radio Estéreo TV, Radio Calibre, Radio Jaén, Radio Selecta, Radio Antares, Radio Visión.
- Medios televisivos: Visión TV Canal 21(Cable), Filial TV América, Filial TV ATV, Filial Panamericana Televisión, TNP Televisión Nacional del Perú
- ELECTRO ORIENTE S.A. Jaén
- UAP; Universidad Alas Peruanas filial Jaén
- UDCH; Universidad Privada de Chiclayo filial Jaén
- UCV; Universidad Cesar Vallejo
- Institutos: San Javier del Marañón, TELESUP, G y L, CEPRO "Marañón", CETPRO "María de Jesús", Toribio Rodríguez de Mendoza
- Organizaciones y asociaciones de la sociedad civil.
- Defensoría del Pueblo
- Asociaciones Juveniles pro ambientalistas
- Asociación de Periodistas – Jaén
- Promotores Turísticos: Hotel Prins, Marañón Explorer, Página web: Conociendo Jaén.
- ACP; Área privada de conservación "Gotas de Agua"

- Rondas Urbanas
- APAFAs (Asociación de padres de familias)

#### **Audiencias.**

Una vez identificados los actores de la CAM es necesario programar audiencias para esclarecer la participación multisectorial, el grado de influencia y responsabilidades en la gestión de los residuos sólidos. Estas audiencias se basarán en los siguientes criterios:

- Rol y funciones como actores responsables en la gestión integral de los residuos sólidos.
- Liderazgo y rol impulsor en la resolución de problemas ambientales, principalmente en la gestión integral de los residuos sólidos.
- Influencia que puede tener cada actor para generar mayor conciencia e información en la población sobre el problema de la gestión de los residuos sólidos.
- Conciencia tributaria, que genere en la población cultura de pago por el servicio de limpieza pública recibido.

La realización de audiencias no será posible desde una sola perspectiva. Debido a que se identifican varios públicos:

- **Población de varones y mujeres de Jaén:** está conformada por la población de varones y mujeres entre 15 y 60 a más años, residentes en los 12 distritos en los diferentes sectores de la provincia de Jaén, que llevan a cabo actividades sociales y económico productivas que. Un tipo de población que consumen medios masivos de comunicación como radio, televisión y prensa escrita en menor preferencia, población que tienen expectativas sobre la mejora de su situación presente en el marco de los planes locales de desarrollo ambiental.
- **Tomadores de decisiones, autoridades y líderes de opinión:** representantes y autoridades de la Municipalidad Provincial de Jaén, autoridades distritales, integrantes de comisiones y grupos, autoridades del sector público representativos de la comunidad educativa, salud, comercio, turismo, etc., quienes tienen a su cargo la gestión de programas oficiales, administran recursos del estado y pueden influir en el cambio de las condiciones sociales, educativas, económicas, culturales ambientales. Pueden potencialmente reforzar la toma de decisiones y acuerdos favorables a la mejor gestión de los residuos sólidos. Existen espacios como las sesiones de consejo en la municipalidad, la CAM además de ser un foro para dirigirse a la población y medios de comunicación.
- **Sociedad civil organizada: organizaciones sociales, económicas, culturales:** Existen grupos representativos de diversas actividades relacionadas con la vida social, económica, actividad productiva, recreativa, actividades culturales, deportivas y religiosas, organizaciones civiles, gremios empresariales, asociaciones de profesionales, ONGs, rondas

campesinas, transportistas, clubes de madres, comedores populares, fuerzas armadas, policía, ejército, empresarios, grifos y molinos, asociación de comerciantes, Iglesias católica y evangélicas, considerados como grupos representativos y que llevan a cabo actividades sociales, económico-productivas en los distritos y la provincia, que requieren adoptar responsabilidades para la gestión integral de los residuos sólidos.

- **Medios de comunicación:** dueños de los medios de comunicación locales, así como periodistas y asociaciones representativas, que orientan, informan y forman corrientes de opinión pública sobre los diferentes problemas, urbanos, sociales y ambientales, asociados con el desarrollo de Jaén, que pueden reforzar actitudes y conductas favorables hacia la mejor gestión y vigilancia social de los mismos.
- **Comunidad Educativa, Redes Educativas y APAFAs<sup>28</sup>:** Estudiantes de inicial, primaria y secundaria de las instituciones educativas de Jaén, directores y docentes de centros educativos públicos, privados y de instituciones de educación superior y tecnológica representativos, padres de familia organizados en APAFAs, que contribuyen a la formación educativa y que están en condiciones de influir a través de cambios en los contenidos curriculares para generar nuevas visiones y valores en la población y de compromiso con el desarrollo sostenible urbano y ambiental de la Provincia de Jaén.

#### **4.4.5 Campaña de sensibilización en la separación de residuos sólidos en la fuente de origen.**

Pensar que el problema de los residuos sólidos es un asunto exclusivo de gestión municipal, es uno de los errores que conlleva a la población a la carencia de una cultura ambiental. En la actualidad conocemos que es un problema complejo y cuya solución requiere de la participación de la población.

El conocimiento del manejo de los residuos sólidos por parte de la población como actores principales en la generación de residuos, es clave para que estos se involucren y participen en las actividades de gestión integral de los residuos sólidos encaminados por Municipalidad Provincial de Jaén, ya que sin una adecuada educación y comunicación tendríamos vecinos que no saben cómo y por qué separar, y sin la sensibilización tendríamos personas indiferentes a los impactos.

Al contar la municipalidad provincial de Jaén con el “Programa de Segregación en la Fuente y Recogida Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios en viviendas urbanas del Distrito de Jaén – 2016” el cual viene trabajando con el 42.8 % de la población, actualmente queda por trabajar con el 57.2 % de la población, siendo muy favorable para cuestiones de organización y manejo de las “campañas de sensibilización puerta a puerta” a realizar en los hogares.

---

<sup>28</sup> Asociación de Padres de Familias

La campaña de sensibilización estará orientada a todos los integrantes del hogar, con énfasis en los jefes de hogar, por ser los responsables de inculcar y promover en el hogar la reutilización de los residuos y su posterior segregación. El desarrollo de estas actividades principalmente en los domicilios permitirá que los niños tengan una mayor conciencia y sirvan de ejemplo para replicar en las instituciones educativas.

**Criterios a considerar.**

- Se inculcará en las personas la responsabilidad que tienen en los programas de gestión de residuos sólidos que desarrolla la municipalidad, y sobre todo la importancia de la segregación de los residuos sólidos en dos tipos: orgánico e inorgánico. Los que luego serán depositados en los contenedores acondicionados en la vía pública para el almacenamiento de los residuos.
- El conocimiento de la sustentabilidad del servicio de limpieza pública, permitirá en el ciudadano la importancia del cumplimiento con el pago correspondiente a este servicio.
- Teniendo en cuenta que el olvido y la irresponsabilidad generarían problemas en las etapas siguientes del manejo de los residuos sólidos, se propone la capacitación continua empleando los medios de comunicación viables (radiales, televisivos, y escritos); asimismo, la entrega de material publicitario e informativo junto a las facturas de los servicios (electricidad, agua, telefonía).
- Teniendo como base la continuidad y progreso del Programa de Segregación de residuos (2016), se replicará el uso de herramientas como estrategia comunicacional (afiches, trípticos, stickers)

**4.4.6 Fomento de buenas prácticas en manejo de residuos sólidos en instituciones educativas (I.E) de educación básica.**

Para ello se realizará la coordinación directa la Unidad de Gestión Educativa Local (en adelante UGEL) de la ciudad de Jaén. La UGEL es la instancia de ejecución del gobierno regional, dependiente de la Dirección Regional de Educación (en adelante DRE) responsable de brindar asistencia técnica y estrategias formativas, así como de supervisar y evaluar la gestión de las instituciones educativas públicas y privadas de la educación básica de la jurisdicción a la que corresponda.

La planificación, focaliza esfuerzos para la mejora en cuanto a su organización, funcionamiento y prácticas, así como en la programación y orientación de las acciones que permita alcanzar los objetivos trazados, los cuales se orientan a la mejora de los aprendizajes de los estudiantes. Para ello se elabora el Proyecto Educativo Institucional (en adelante PEI) y el Plan Anual de Trabajo (en adelante PAT) como herramientas de planificación a mediano y corto plazo respectivamente.

La propuesta busca incorporar en el PEI y PAT, actividades, responsables, plazos, y otros para la implementación de compromisos en la gestión escolar respecto al manejo de los residuos sólidos en la IE, en concordancia inciso d.2.4 de la Norma técnica denominada “Normas y orientaciones para el desarrollo del año escolar 2017 en instituciones educativas y programas educativos de la educación básica”, aprobada con resolución ministerial N° 627-2016-MINEDU, el 14 de diciembre del año 2016:

*“d.2.4 Todas las II.EE públicas y privadas a nivel nacional deben incorporar el enfoque ambiental en la gestión escolar, a través de la incorporación transversal de los componentes temáticas de educación en (1) cambio climático, (2) Ecoeficiencia, (3) Salud y (4) Gestión del riesgo de desastres. Esto se desarrollara conforme a la Política nacional de educación ambiental (Decreto-Supremo N° 017-2012-ED), al Plan nacional de educación ambiental 2017-2022(PLANEA), aprobado por Decreto Supremo N° 016-2016-MINEDU, al Currículo nacional de la educación básica y a las disposiciones normativas que emita el MINEDU. La educación ambiental se materializara a través de la programación y ejecución de unidades inserciones de aprendizaje con enfoque ambiental, de proyectos de aprendizaje y de proyectos educativos ambientales integrados (PEAI), ejecutados en las II.EE de forma continua y progresiva (...).”*

Siendo los estudiantes de educación inicial y primaria quienes desarrollan mayor apertura para cultivar buenos hábitos en el manejo de los residuos sólidos, es por ello que se apuesta por fomentar la cultura ambiental desde las instituciones educativas.

#### **Criterios a considerar.**

- Para cumplir con la incorporación del enfoque ambiental en la gestión escolar, la municipalidad provincial de Jaén realizará el diagnóstico del nivel de conocimientos de docentes y escolares sobre temas ambientales en I.E públicas y privadas.
- Luego según los resultados obtenidos, se capacitara al equipo responsable de la I.E sobre el manejo de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.
- En cumplimiento con las funciones de la CAM, el equipo técnico de cada I.E, participara activamente en las reuniones y toma de decisiones que luego serán difundidas al personal docente, para su aplicación con los alumnos.

#### **4.4.7 Coordinación con institutos de formación técnica superior y universidades.**

En la ciudad de Jaén, la Universidad Alas Peruanas , Universidad Nacional de Jaén, Universidad Nacional de Cajamarca, Instituto Víctor Andrés Belaunde, Instituto 4 de Julio (estudiantes del curso de interculturalidad, de las diversas carreras de educación), participan y promueven eventos relacionados a la protección del medioambiente, cambio climático, cadenas productivas, protección de biodiversidad y recursos naturales, entre otros. Considerada una ventaja que conlleve a la comunicación con un público joven, espacio propicio para establecer tecnologías

informativas en el proceso de difusión e integrarlos a los procesos de los programas y proyectos de la Gerencia de Gestión y Desarrollo Ambiental de la MPJ.

#### **4.4.8 Difusión en vías públicas.**

También se promocionara la sensibilización a través de afiches comunicacionales, adaptados a los vehículos de recogida de los residuos, en las papeleras y contenedores de las vías públicas.

También se fortalecerá con la entrega de material promocional (afiches, trípticos, almanaques) en las vías públicas.

### **EJE N° 03: MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.**

El Eje N° 03, tiene en cuenta las etapas del ciclo de vida de los residuos, considerando: generación y separación en fuente; pre- recogida y recogida selectiva; tratamiento de los residuos (valorización); y disposición final.

#### **4.5.1 Generación y separación de los residuos sólidos en la fuente de origen.**

La generación es la primera etapa del ciclo de vida los residuos y está asociada a los hábitos de consumo de la población, producto de las actividades diarias que realizan para satisfacer sus necesidades. En tal sentido, el consumismo y las diversas actividades que realizan las personas son los responsables del incremento que día a día se tienen de los residuos en la ciudad de Jaén, trayendo consigo el déficit en la gestión municipal de los residuos y los impactos en el medio ambiente y en la salud humana.

Es por ello que en la búsqueda de la mejora de la calidad de la gestión de los residuos sólidos, es necesario que el ciudadano adopte una cultura ambiental basada en el conocimiento de la responsabilidad que tiene como autor principal en la generación de residuos sólidos. Para adoptar esta cultura ambiental será necesario el desarrollo del “*Eje 02: Sensibilización ambiental en la sociedad*” para lograr que se generen los hábitos de: consumo responsable (reducir), reutilizar, reciclar y por último la segregación de los residuos para obtener un producto más limpio y con un elevado potencial de valorización que facilite la articulación con el modelo de recogida, tratamiento y disposición final a cargo del municipio.

Es en este caso que, para identificar los residuos reaprovechables que pueden ser separados desde la fuente de origen, se ha empleado los resultados del Estudio de Caracterización de Residuos Sólidos Municipales - 2015, y el Estudio de Mercado de los residuos reciclados del Programa de Segregación en la Fuente y Recogida Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios en viviendas urbanas del distrito de Jaén – 2016.

Bajo este contexto, y dado el elevado contenido de materia orgánica en la composición de los residuos domésticos y comerciales, y la necesidad de valorar los residuos reaprovechables y el aumento de la tasa de reciclado; la separación desde la fuente de origen será organizada de la

siguiente manera: **fracción fermentable, y fracción resto**. A continuación queda por establecer el sistema de recogida y transporte de estos residuos, definido en el CAPITULO 5 de este trabajo.

## CAPÍTULO 5: RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

Se define recogida y transporte de residuos como la recogida de los mismos por el personal y el equipo disponible para ello, con la finalidad de ser trasladados hasta el lugar de tratamiento o eliminación o hasta una planta de transferencia intermedia. Para poder llevar a cabo la recogida es necesario proceder al depósito de los residuos en lugares desde donde los camiones y operarios procederán a su recogida. Esta primera fase se denomina *prerrecogida* y es llevada a cabo normalmente por el productor de los residuos. La forma de depositar los residuos está íntimamente ligada al proceso de recogida y transporte sobre todo en los sistemas mecanizados actuales.

Dentro del problema global de los RSU, la recogida constituye la fase de más envergadura, y en algunos aspectos es la más importante, pudiendo llegar a representar entre el 70 y el 90 % de los costes del servicio. En la elaboración de un plan de recogida tenemos que intentar que ésta sea rápida y eficaz, por lo que hay que considerar los siguientes aspectos (Seco & colaboradores, 2004):

- Características de los residuos a recoger.
- Variaciones estacionales de la cantidad de los residuos urbanos producidos.
- Infraestructura urbana y urbanismo.
- Distancia al centro de valorización y/o eliminación.
- Normalización de contenedores o recipientes.

### 5.1 SISTEMAS DE RECOGIDA DOMICILIARIA.

Según Seco & colaboradores, (2004), existen diversos tipos de sistemas de recogida domiciliaria, tales como:

- **Sistemas tradicionales:** que incluyen los subsistemas de: recogida domiciliaria; recogida local destinada al almacenaje de basuras en sótanos de viviendas; semimecanizada con baldes especiales o cubos por edificios o grupos de viviendas; y mecanizada con contenedores especiales por manzanas o recorridos de viviendas.
- **Sistemas que suponen una inversión adicional en infraestructura:** emplea trituradores en los fregaderos de la propia vivienda del productor, remitiéndose los residuos ya triturados hasta la red de saneamiento.
- **Sistemas de recogida selectiva:** Es el único modelo de recogida que tiene en cuenta en su diseño el método de tratamiento final de los residuos. Su interés puede ser debido a dos

causas, la existencia de distintos métodos de eliminación de residuos o la existencia de algún sistema de reciclaje.

## 5.2 MODELOS DE RECOGIDA SELECTIVA.

El informe del CONAMA (Congreso Nacional del Medio Ambiente) - 2014, denominado “Modelos y costes en la gestión de residuos municipales”, define distintos modelos de recogida selectiva que pueden adaptarse más a un tipo u otro de municipio. En este sentido, si bien pudiera haber unos modelos generalizados, existen otros complementarios que pueden atender mejor determinadas particularidades, por lo que se entiende que no hay un modelo único y que pueden coexistir varios para ser aplicables a cada situación.

- **Domiciliaria o puerta a puerta (PaP):** Consiste en depositar los residuos al servicio municipal de recogida delante de la puerta de casa, en unos días y horas determinadas para cada fracción, a través de un modelo puerta a puerta se puede realizar la recogida de todas las fracciones domésticas con recogida en la vía pública.
- **Por contenedor (en acera):** Consiste en colocar en la vía pública contenedores de diferentes tipos, dependiendo de las características de la fracción que haya que recoger, y que posteriormente los ciudadanos utilizan para depositar sus residuos. Modelo de poca ocupación de espacio en la vía pública, que brinda al usuario la cercanía y flexibilidad en horarios para el depósito de los residuos.
- **Área de aportación:** Con el fin de abaratar la gestión, los puntos de recogida se sitúan a distancias mayores. Las áreas pueden tener un radio de acción entre 100 y 400 metros. El sistema se apoya en la disposición del ciudadano a recorrer mayores distancias a pie. Se utiliza para la recogida selectiva de materiales de alto valor económico y que generan pequeñas cantidades. El ciudadano no se desplaza diariamente a esos puntos.
- **Puntos de depósito intermedio:** Se trata de lugares de almacenamiento temporal de residuos habilitados en comercios, ferreterías, farmacias, etc., y que están relacionados con determinados flujos residuos domiciliarios que no son depositados en los contenedores de superficie (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE, pilas y acumuladores, medicamentos, lámparas, etc.).
- **Puntos de depósito devolución y retorno:** El Sistema de Retorno es un sistema de gestión de residuos, de envases en este caso, que asocia un valor a cada envase para que éste sea devuelto por el consumidor para su reciclaje.
- **Puntos limpios:** Se trata de instalaciones cerradas y vigiladas, ubicadas en zonas estratégicas de los núcleos urbanos, constituidas por contenedores de gran tamaño donde los ciudadanos pueden depositar los residuos que por sus características no deben arrojarse a la bolsa de la basura ni depositarse en los contenedores de la calle. Los contenedores están debidamente

habilitados para el almacenamiento de estos residuos (RAEE, residuos de construcción y demolición - RCD, residuos peligrosos, residuos voluminosos, ropa y calzado, etc.

### **5.2.1 Factores que influyen en la elección del modelo de recogida selectiva.**

Seco & colaboradores (2004), mencionan que para la optimización del modelo de recogida selectiva, se deben considerar los siguientes factores:

- **Factores exteriores al servicio:** peso y volumen de los residuos a recoger; características de la red viaria; características climatológicas.
- **Factores que afectan a la organización del servicio:** distancia entre el centro de gravedad de cada zona de recogida y la planta de tratamiento y/o eliminación; horario de recogida y duración de la jornada.
- Factores que definen las características del servicio: frecuencia de recogida; lugar y forma.

### **5.3 ELECCIÓN DEL MODELO DE RECOGIDA SELECTIVA DE RSU.**

Debido a que las necesidades y características de cada país o ciudad son muy variantes, no resulta posible la adopción de un modelo único de gestión de residuos. Sino que se requiere del diseño de esquemas de manejo adaptados a las condiciones particulares de cada comunidad, siendo necesario analizar las características que tienen relevante influencia en la toma de esta decisión.

Cólomer & Gallardo (2007), mencionan que la composición de los residuos sólidos de los países desarrollados y en vías de desarrollo, es diferente de manera que, a medida que asciende el nivel de vida, disminuye el porcentaje de residuos orgánicos de comestibles, aumentando el papel, plástico, metal y vidrio. Además mencionan que los RSU en países en vías de desarrollo está conformado por el 58-80 % de materia orgánica. Y es necesario tener en cuenta en estos países, importantes sectores de la población aprovechan materiales en una recogida personal selectiva de residuos urbanos, lo que hace que las cifras de residuos a recoger puedan ser inferiores en algunos productos, superando entonces el porcentaje de los materiales que no han sido aprovechados sobre todo los residuos orgánicos.

- **Características climáticas y estacionalidad:** Jaén se caracteriza por presentar temperaturas mensuales entre los 24 y 30 °C, siendo los meses más calientes desde enero hasta abril con temperaturas máximas de 29 y 30 °C, y el resto del año entre 24 y 27 °C. Asimismo registra precipitaciones ligeras de 117 hasta 140 mm, en los meses de marzo y abril. Por lo general se produce mayor cantidad de materia orgánica siendo el consumo de vegetales frescos en todo el año. Estos datos son importantes para definir el tipo de contenedor a emplear, los horarios y días de recogida.
- **Características de la red vial:** La mayor superficie de vías asfaltadas se concentra en el área central de la ciudad y cubre aproximadamente un área de 343.98 ha, estando el 65 % de las

vías en un estado de conservación “**bueno**”, seguido del 25 % que se encuentran en estado de conservación “**regular**”. Son de doble vía y cuentan con delimitaciones para el aparcamiento de vehículos. Estas características facilitan el proceso de recogida de los residuos.

- Sin embargo se evidencia una insuficiente pavimentación vial, que generan bajos niveles de accesibilidad en áreas adyacentes al centro urbano y periferia, representando el 10 % de vías en estado de conservación “**malo**”: vías sin asfaltar pero con fuertes pendientes que se adaptan a los accidentes naturales del relieve, estrechas generando circulaciones vehiculares de un solo sentido, sin acera, formación de lodos en tiempos de lluvia; las cuales corresponden a las vías periféricas del casco urbano, obstaculizando la efectividad y el desarrollo de mecanismos en la gestión de los residuos, específicamente en el servicio de recogida. (Ver Plano N°02 ).
- **Características del crecimiento urbanístico y el uso de suelo:** La ciudad de Jaén se caracteriza por un constante incremento poblacional producto del proceso de inmigración del área rural a la urbana, traducido a un crecimiento urbano desordenado, sobre terrenos no planificados, ocupando muchas veces zonas amenazadas ante la presencia de fenómenos naturales, falta de servicios básico e equipamiento social, deficiente infraestructura vial. Asimismo, la ciudad de Jaén cuenta con una extensión urbana total de 876 ha aproximadamente, siendo el 27.89 % el área urbana ocupada, el 18.78 % el área urbana no ocupada, el 8.95 % ocupado por comercio, 6.39 % por equipamiento urbano (educación, salud, recreación, plataformas deportivas), el 2.89 % por industrias, el 3.32 % por otros usos y el 31.78 % representa el área ocupada por las vías. El uso de suelo predominantes es el residencial alcanzando una superficie de 418.55 ha (46.7 % del total del área urbana), seguido de 80 ha de comercio (9 %) (ver Plano N°03 ).
- Con respecto al área urbana ocupada, las edificaciones existentes al año 2013, son el 44 % de 01 nivel, el 54 % de 01-02 niveles, y el 2 % de 04 a más niveles ocupado por edificios comerciales, hoteles o instituciones educativas (ver Plano N°04 ), por lo que el crecimiento poblacional es de forma horizontal, delimitando las acciones de gestión de residuos aplicadas en ciudades de crecimiento vertical.
- **Zonas descartadas**, referidas a aquellas zonas cuyo uso de suelo es el industrial, debido a la naturaleza de sus residuos. Aunque parte de los residuos que generan son asimilables al residuo urbano, por el volumen que generan (mayor a 10 t/año), se categorizan como grandes generadores de RSU, y toman la clasificación de residuos de manejo especial (en adelante RME). La recogida de RME no es responsabilidad del servicio público de recogida y requiere de transportista privado. Si bien los residuos de esta zona no son incluidos en este modelo, su potencial de aprovechamiento de materiales es significativo por los volúmenes en que se generan.

- **Factores sociales:** Se considera una característica importante ya que la ciudad de Jaén actualmente cuenta con el desarrollo del Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios en viviendas urbanas del distrito de Jaén – 2016, en el 42.8 % de la población urbana de la ciudad de Jaén. Dicho programa ha conseguido la aceptación y adaptación de la población a los cambios hacia una cultura ambiental y de responsabilidad en el cumplimiento de sus responsabilidades desde la aceptación como participantes del Programa.
- También se ha analizado la estructura poblacional, estando conformada por un 31.3 % de población de niños y adolescentes (entre 0-14 años) y con un 30.3 % de población joven (entre 15-29 años), con los que es más fácil conseguir el compromiso hacia una cultura ambiental como responsables de la generación de los residuos. Lo que se considera de gran ventaja para el desarrollo eficaz del sistema de recogida, y en general para la puesta en marcha de la propuesta de mejora.
- Asimismo, el nivel de vida de la población condiciona el tipo y cantidad de residuos que se puedan generar presentando el distrito de Jaén un 29.9 % de pobladores en condición de pobreza, el 9.4 % como pobres extremos, y un 70.1 % como no pobre.

En la Figura N° 6, se presentan los distintos tipos de separación en origen con diferentes tipos de fraccionamiento, pudiendo ir desde el grado cero (recogida en masa), hasta un alto grado de separación específica por materiales.

<b>Sin fraccionar</b>	<p>Totales</p> 
<b>Dos fracciones: Material fermentable y Resto</b>	<p>Fermentables   Resto</p> 
<b>Tres fracciones: Material fermentable, Materiales ligeros y Resto</b>	<p>Fermentables   Resto   Ligeros</p> 
<b>Separación específica: Materiales específicos y Resto</b>	<p>Resto   Específicos</p> 

Figura N° 6 Tipos de fraccionamiento en origen.  
Fuente: Cólomer & Gallardo (2007).

En el municipio de Jaén como en la mayoría de las ciudades de Perú y otros países latinoamericanos, no se aplican modelos de niveles altos de fraccionamiento en origen por parte de la población, la condición cultural y política no ha favorecido este tipo de iniciativas. Debido a que las necesidades y características de cada país o ciudad son muy variantes, no resulta posible

la adopción de un modelo único de gestión de residuos. Sino que se requiere del diseño de esquemas de manejo adaptados a las condiciones particulares de cada comunidad.

Bajo este contexto y con el antecedente que en el municipio de Jaén, el 42 % de la población urbana, está familiarizada con la separación de residuos, se ha decidido emplear el fraccionamiento de los residuos en “**dos fracciones**”: fracción fermentable (húmeda) y fracción resto (seca) a través de “**dos modelos**” de recogida selectiva adaptados a las características de los factores condicionantes mencionados líneas arriba, detallados en la Tabla N° 23.

	MODELO N° 1: Por contenedor	MODELO N° 2: Puerta a puerta <sup>29</sup> .
Descripción	Para la recogida de residuos exclusivamente para las zonas en las que existe el sistema de red vial de fácil acceso.	Para las zonas perimetrales de la ciudad con difícil acceso por las condiciones viales y con menor densidad poblacional.
Residuos a recoger	<b>Fracción fermentable:</b> Contempla la fracción orgánica de residuos municipales, FORM: restos de la preparación de la comida, restos sobrantes de comida y alimentos en mal estado, restos vegetales de pequeño tamaño y tipo no leñoso (césped, hojarasca, ramos de flores. De procedencia doméstica.	
	<b>Fracción resto:</b> Contempla:  <b>Papel-cartón:</b> Bolsas de papel, cajas de cartón, carpetas, cartón y cartulina, folios usados, hueveras de cartón, libretas, periódicos, revistas, sobres. <b>Envases:</b> Metal: Latas de bebida y de conservas, papel de aluminio, chapas, tapas, tapones de metal, bolsas y recipientes de aluminio para alimentos. Plástico: Botellas y tetrabrik, envases de productos lácteos, bandejas y cajas de corcho blanco, hueveras de plástico, tapas y tapones de plástico, recipientes de plástico de productos de aseo y limpieza, bolsas de plástico comerciales, plástico transparente para envolver productos (film), platos y vasos desechables. <b>Vidrio:</b> Botellas de vidrio de cualquier color, frascos de conservas, recipientes de vidrio, perfumería. <b>Resto:</b> textil sanitario: pañales, compresas y tampones, bastoncillos para los oídos, discos mamarios, toallitas húmedas, hilo dental, pequeños residuos de curas domésticas; Otros productos de aseo: maquinillas de afeitarse, cepillo de dientes, limas, preservativos, etc.; residuos de la limpieza doméstica: polvo de barrer y bolsas de aspiradora; platos, tazas y otros elementos de cerámica; colillas y ceniza de cigarrillos. Ceniza de chimeneas o estufas; fotografías, tarjetas de crédito o similares.	

Tabla N° 23 Características de los modelos seleccionados.  
Fuente: Elaboración propia.

<sup>29</sup> Modelo empleado por el Programa de segregación en la fuente y recogida selectiva de residuos sólidos domiciliarios, 2016.

A continuación se hace una comparación entre ambos modelos:

**MODELO N° 1: Por contenedor.**

- Se ocupa el espacio público para ubicar los contenedores.
- El ciudadano puede depositar los residuos en los contenedores de la calle diariamente.
- En la práctica, el horario para depositar la FORM es más flexible.
- El uso de los contenedores es compartido por muchos usuarios.
- Se necesita menos espacio en el hogar para depositar las fracciones de recogida selectiva.
- Es preciso limpiar y realizar el mantenimiento de los contenedores.

**MODELO N° 2: Puerta a puerta.**

- Se ocupa menos o ningún espacio público.
- Hay que ajustarse a los días y horarios de recogida preestablecidos.
- Cada usuario dispone de su cubo.
- La distancia que el ciudadano debe recorrer para depositar los residuos fuera de casa es menor (en la puerta de casa).
- En general, el mantenimiento de los contenedores no es responsabilidad del servicio de recogida.
- Los municipios con modelo PaP, en general, obtienen unos resultados de recogida selectiva superiores y destinan menos fracción resto a disposición del rechazo.

**5.4 SISTEMA DE CARGA Y TRANSPORTE DE RESIDUOS - SISTEMA DE CAJA FIJA.**

En estos sistemas los camiones llevan una caja fija donde se vacían los contenedores. Éstos se quedan en el punto de recogida, excepto en aquellos casos que son transportados hasta la vivienda. Los sistemas varían según el tipo y cantidad de residuos a recoger, pudiéndose encontrar los siguientes:

- **Camiones recolectores de carga mecánica.** Por razones económicas, casi todos los vehículos de recogida son de caja cerrada compactadora. La capacidad de la caja varía entre 7 y 25 m<sup>3</sup>, con una carga que dependiendo de la compactación puede llegar a las 20 t, con unos índices de compactación de hasta 6:1. Los contenedores son enganchados al sistema de descarga por los operarios y son descargados mecánicamente, pudiendo ser vaciados por la parte trasera, lateral o delantera del vehículo. Los vehículos de descarga

lateral y delantera utilizan dispositivos robotizados para la carga y descarga de los contenedores, de modo que solo es necesaria una persona para la operación.

- **Camiones recolectores de carga manual.** Se utilizan para la recogida de residuos domésticos y de la calle. Para la recogida de residuos domésticos se utilizan cajas compactadoras. El rango de capacidades y pesos es el mismo que en el caso anterior. Se suelen utilizar en zonas de baja densidad de población y en aquellos lugares donde no pueden acceder los camiones mecanizados, también en la recogida de voluminosos. Es el tipo de recogida que más mano de obra necesita.

## 5.5 DISEÑO DE LA RED DE RECOGIDA SELECTIVA DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

### 5.5.1 Tipo de recipiente acorde al tipo de recogida con vehículo mecánico o manual.

En la Tabla N° 24, se detallan las características del tipo de recipiente a emplear según el modelo de recogida selectiva.

Recogida	Modelo	Recipiente	
		Tipo	Características
<b>Mecánica:</b> con camiones compactadores recolectores de carga lateral	<b>MODELO 1:</b> <b>Por contenedor (en acera).</b>  Fracción. fermentable Fracción resto.	<b>Contenedor de cuatro ruedas:</b> Seco & colaboradores, (2004) consideran que hoy por hoy, los recipientes más utilizados para depositar los residuos sólidos urbanos al paso de los camiones de recogida municipal son los contenedores de cuatro ruedas, recipiente que mejor se adapta a las condiciones de la ciudad de Jaén.	<b>Capacidad:</b> Fracción fermentable: 1000 litros Fracción resto: 1000 litros. <b>Color<sup>30</sup>:</b> Cuerpo gris y tapa de color para facilitar la recogida selectiva. Fracción fermentable : Marrón Fracción resto: Gris <b>Larga vida útil:</b> Fabricado en polietileno de alta densidad (PEAD). Colores permanezcan intactos y los ejes no se oxiden. Cuatro ruedas anchas para facilitar su desplazamiento. Tapa de abertura total, con sistema de insonorización. Resistente a temperaturas de hasta 40°C. <b>Rotulación:</b> Personalizado y rotulado según logo y mensaje.

<sup>30</sup> Cumplirán con lo dispuesto en la Norma Técnica Peruana (NTP) 900.058:2005 aprobado por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI), en donde se establece el Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de los residuos generados por la actividad humana, a excepción de los residuos radiactivos.

<p><b>Manual :</b> con camiones compactad ores recolectores de carga trasera</p>	<p><b>MODELO 2:</b> <b>Puerta</b> <b>puerta.</b></p> <p>Fracción fermentable. Fracción resto.</p>	<p><b>Recipiente:</b> balde depositado delante de puerta de casa.</p>	<p><b>Capacidad:</b> 50 litros, fabricado en polietileno de alta densidad puro (PEAD). <b>Color:</b> Fracción fermentable: Marrón. Fracción resto: Gris. <b>Rotulación:</b> Personalizado y rotulado según logo y mensaje.</p>
--	---	---	--

Tabla N° 24 Organización de la recogida de residuos.  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.5.2 Horario de depósito de residuos y de recogida.

La frecuencia de recogida depende de la cantidad de los residuos generados, de la composición de la misma y de las condiciones climáticas de la ciudad de Jaén. Estos factores deben combinarse con las condiciones económicas de la población, ya que si la frecuencia de recogida se reduce, los costos de operación también se reducen. En el estudio realizado de la caracterización de los residuos sólidos, el contenido de materia orgánica es elevado (73.8 %), y se debe de tomar en cuenta que este material comienza a descomponerse inmediatamente, por lo que hay producción de microorganismos en cantidades elevadas, y parte de los mismos pueden beneficiar la descomposición. Ante lo expuesto se recomienda realizar diariamente el proceso de recogida de la fracción fermentable, y tres veces a la semana la recogida de la fracción resto.

Los residuos se depositarán en los contenedores correspondientes en el horario comprendido entre las 20 horas y la recogida efectiva de los contenedores. La recogida selectiva se realizará en una jornada laboral de ocho horas en dos turnos: de 22 a 06 horas, y de 06 a 14 horas.

### 5.5.3 Tipo de camión recolector.

El tipo de camión recolector empleado para la recogida mecánica del “Modelo 1”, será el camión recolector compactador con una capacidad de 18 m<sup>3</sup>, de carga lateral, siendo polivalente para contenedores desde 1 000 a 3 200 litros de capacidad.

Con estas definiciones se procede a diseñar y dimensionar la recogida de los RSU. Para ello se ha empleado la metodología propuesta por Zafra (2009) denominado “metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos urbanos mediante factores punta de generación: sistemas de caja fija (SCF)”.

Esta metodología considera la variación temporal en las cantidades generadas y recolectadas de los residuos, mediante el coeficiente punta semanal (Cps), coeficiente punta diario (Cpd) y coeficiente punta diario de distribución heterogénea (Cpdh). Esta consideración temporal permite realizar diseños razonables que se ajusten a las tasas máximas de generación y recogida, ya que la estimación de las cantidades generadas de RSU normalmente se basa en la cantidad de residuos

producidos por una persona por día. Esta producción per cápita (PPC) en la mayoría de los casos, no refleja la cantidad de residuos generada, sino la cantidad de residuos recolectada, siendo la diferencia entre la cantidad generada y la cantidad de residuos recolectados de 4 – 15 % (Tchobanoglous & colaboradores, 1994).

Esta variación temporal permitirá realizar diseños razonables que se ajusten a las tasas máximas de generación y recogida, de tal forma que prácticamente ningún día existan residuos fuera de los puntos de presentación (contenedores).

La metodología más acertada para la selección del equipo y el tamaño de las unidades de gestión de los residuos sólidos será aquella que considere la variación temporal en las cantidades generadas y recolectadas (Zafra , 2009).

Para establecer las necesidades de vehículos de recogida se debe determinar el tiempo unitario necesario para llevar a cabo esta tarea. Al separar las actividades de recogida en operaciones unitarias se pueden desarrollar datos de diseño y relaciones que permiten evaluar las variables asociadas con las actividades de recogida. (Clark y Gillean, 1975; Tchobanoglous & colaboradores, 1994; Smith, 1997). A continuación en la Tabla N° 25 se presenta la aplicación de esta metodología para el Modelo 1 “Por contenedor en acera, al año 2017”.

Consideraciones para el Modelo 1 “por contenedor en acera”, al año 2017	
<b>1. Población</b>	
Urbana	97,410
Modelo 1; para zonas vialmente accesible (90 %)	87,669 personas
<b>2. Producción media de RSU, (Pr)</b>	
GPC al 2017	0.65 kg/[habitante*día]
Fracción fermentable	
Porcentaje	73.80 %
Pr	41.93 t/d
Fracción resto	
Porcentaje	26.20 %
Pr	14.91 t/d
<b>3. Producción de diseño para la prerrecolecta y recogida, Prd</b>	
a. Factores punta de generación	
Coeficiente punta semanal, Cps correspondiente para poblaciones medianas, Cps (Incluye la max. variación semanal/anual en la producción de RSU: 1.25-2.00) <sup>1</sup>	1.75
Fracción fermentable: Coeficiente punta diario de distribución heterogénea, Cpdh, para una frecuencia de recogida diaria	1.00
Fracción resto: Coeficiente punta diario de distribución heterogénea, Cpdh, para una frecuencia de recogida de 3 días por semana	2.67
b. Producción de diseño, Prd	
Fracción fermentable	73.37 t/frecuencia recogida

Fracción resto	69.57	t/frecuencia recogida
<b>4. Diseño de los sistemas para la prerrecogida (contenedores)</b>		
Capacidad de contenedor	1,000	litros
Densidad media de los residuos en el contenedor <sup>2a</sup>	0.20	t/m <sup>3</sup>
Fracción fermentable		
Contenedores	367	contenedores/día
Habitantes/contenedor	239	
Fracción resto		
Contenedores	348	contenedores/día
Habitantes/contenedor	252	
<b>5. Diseño de los equipos para la recogida camión recolector compactador CRC de carga lateral mecanizada</b>		
Capacidad del CRC	18	m <sup>3</sup>
Densidad de compactación del CRC (valor típico) <sup>2b</sup>	0.500	t/m <sup>3</sup>
a. Número de contenedores atendidos por CRC		
Fracción fermentable y resto	45	cont/CRC
b. Itinerario de recogida por CRC		
Fracción fermentable y resto		
Tiempo de toma de los contenedores (independiente de la fracción)	0.02	horas
Tiempo de transporte entre puntos de presentación	0.03	horas
Tiempo de transporte de ida y vuelta al sitio de disposición final	1.00	horas
Tiempo de descarga en el interior del sitio de disposición final	0.25	horas
Tiempo muerto (5-10 %)	0.10	%
Tiempo total del itinerario	4.00	horas/viaje
c. Número de itinerarios necesarios por día de recogida		
Fracción fermentable, recogida diaria	8.00	
Fracción resto, recogida cada 3 días	8.00	
d. Número de viajes		
Jornada laboral	8.00	horas/turno
Turnos	2.00	mañana, y noche
Número de viajes/jornada	4.00	
e. Número de camiones CRC		
Fracción fermentable	2.00	( + 1 reserva)
Fracción resto	2.00	( + 1 reserva)

1 dato extraído de Tchobanoglous, Theisen, & Vigil (1998) p. 163

2a, 2b dato extraído de Colomer Mendoza & Gallardo Izquierdo (2007) p. 107

Tabla N° 25 Aplicación de metodología en sistema de caja fija SCF, para el Modelo 1 de recogida selectiva de los RSU.  
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la recogida cada 3 días de la fracción resto, cabe recalcar que para evitar tener en paro los camiones entre los días de recogida, se ha considerado conveniente el sectorizar en tres partes la cantidad total de los contenedores de fracción resto (348 contenedores), de tal forma que el primer día sea atendida la zona N° 01, el segundo día sea atendida la zona N° 02 y el tercer día la zona N° 03, consiguiendo que luego de 2 días los contenedores de la zona N° 01 se encuentren llenos y listos para su recogida., quedando resumido en la Tabla N° 26.

Total de contenedores de fracción resto	348.00
Contenedores sectorizados en 3 zonas	116.00
Número de contenedores atendidos por CRC	45.00
Número de CRC/contenedores	4.00
Numero de itinerarios	2.60
Jornada laboral/turno noche (horas)	8.00
Jornada laboral/turno día (horas)	4.00
Numero de itinerarios/día	3.00
Número de camiones CRC	0.86 ≈ 1+1 reserva

Tabla N° 26 Optimización de la recogida selectiva de la fracción resto.  
Fuente: Elaboración propia.

#### 5.5.4 Ubicación de contenedores.

En general la ubicación de contenedores es favorable para facilitar las tareas de recogida selectiva de los residuos, sin embargo la sociedad lo considera como problema al no querer tener uno cerca. Pero hay que entender que los beneficios son varios: por un lado las bolsas de basura ya no serán depositadas en la vía pública a la espera del paso del camión recolector, ni expuestas a lluvias a recicladores informales quienes destrozan las bolsas en búsqueda de material reciclable, y tampoco serán expuestas a perros callejeros y gallinazos<sup>31</sup>. Por ello, dada la afeción que supone el establecimiento de contenedores delante de una vivienda, no solo por motivos estéticos, sino por la concentración de olores que puede generar situar toda la basura en un mismo lugar, entendemos que su ubicación debe atender no solo a los criterios técnicos sino también a criterios de igualdad y distribución de cargas, adecuándose en todo caso a lo establecido en el artículo 2 de la Constitución Política del Perú “22. *Toda persona tiene derecho a (...) gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida*”.

Otros problemas que merecen ser destacados serían la movilidad de los contenedores (que origina problemas en la recogida y en ocasiones por su desaparición y obligatoria necesidad de reposición), la ocupación de la vía pública (ya que la presencia de contenedores puede dificultar el aparcamiento y entorpecer la circulación de vehículos y peatones) y los actos vandálicos y de rebusca que origina que numerosos residuos se depositen en el exterior de los dispositivos, lo que degrada la imagen urbana y el medio ambiente. Los contenedores de polietileno de alta densidad y también los metálicos son objeto frecuente de pintadas, roturas (accidentales o intencionadas) y también de quemaduras intencionadas, lo que puede causar un serio peligro de destrucción de inmuebles y otras propiedades (vehículos) que se sitúen en las inmediaciones.

Es así que existen criterios a tener en cuenta para la ubicación definitiva de los contenedores de forma técnica, vial, social, y paisajísticamente adecuada:

---

<sup>31</sup> Ave rapaz diurna que se alimenta de carroña, de 60 cm de longitud y 145 cm de envergadura, de plumaje negro que vive desde el este y sur de los Estados Unidos hasta el centro de Chile y la Argentina.

1. Eficiencia y funcionalidad del servicio.
2. Accesibilidad de los medios de recogida.
3. Movilidad urbana, respeto a las normas de tráfico y mantenimiento de adecuados niveles de seguridad para vehículos y peatones.
4. Posibles afecciones a edificaciones colindantes (viviendas, comercios u otro tipo de instalaciones públicas).
5. Estéticos y visibilidad del punto de recogida.

Una vez definida la ubicación real, se tendrá que delimitar y señalar las áreas de instalación, sobre todo cuando resulte posible el desplazamiento de los contenedores.

Otras consideraciones: La ubicación concreta de los contenedores puede no satisfacer por igual a todos los administrados, sin embargo esto no puede ser por sí mismo un argumento que justifique la pretendida modificación, haciendo inviable cualquier opción que se proponga. Por ello, y desde el absoluto respeto a la autonomía municipal, se recomienda la ubicación de los dispositivos en lugares alternativos, en los casos en los que advertimos que la elegida inicialmente puede vulnerar otros derechos ciudadanos o el interés general, pero siempre destacando que la organización y prestación de los servicios públicos no puede quedar al arbitrio de los particulares.

En el Plano N°05 , se presenta la ubicación de los contenedores que dependen de las características y singularidades urbanísticas del ámbito de estudio.

#### **5.5.5 Trazado de itinerarios de recogida de RSU.**

Se busca mejorar la situación actual, bajo criterios técnicos y económicos, para conseguir un menor gasto energético en la explotación del servicio y reducir al máximo las molestias a los vecinos de Jaén. El trazado de los itinerarios de recogida, deben ser definidos en relación con los itinerarios realizados según el tipo de fracción de residuo (resto o fermentable) y el número de contenedores atendidos por camión recolector compactador, asimismo, de deberá tener en cuenta la red del sistema vial, relieve, sentido y ancho de la vía, modelos de giros, distancias, uso de suelo (jerarquía), y horarios de congestión vehicular; siendo necesario el uso de herramientas de análisis de rutas para particularizar las soluciones más adecuadas para la definición de los itinerarios más óptimos.

A continuación en la Figura N° 7 a modo de ejemplo, se presenta el trazado de un itinerario de recogida, para un sector de la zona de estudio.

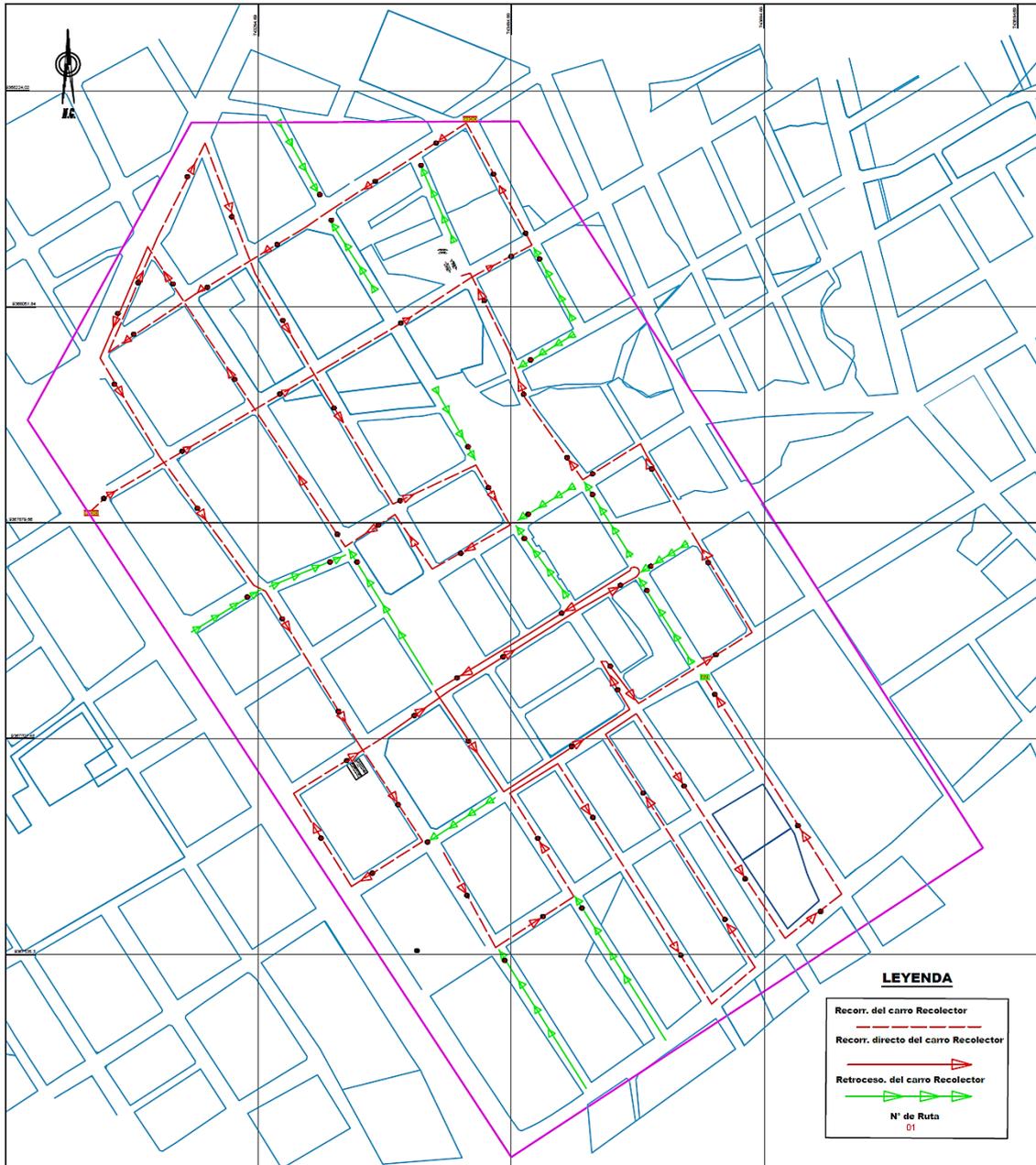


Figura N° 7 Trazado de itinerario  
Fuente: Elaboración propia.

### 5.5.6 Soporte logístico.

Se busca con esta acción dar el soporte logístico al servicio de recogida que asegure su óptima cobertura; para ello se contempla la adquisición de materiales y herramientas que permitan realizar la adecuada manipulación de los residuos de manera segura, sin riesgo de su dispersión y pérdida de horas hombre.

- **Personal requerido.**

	Fracción fermentable	Fracción resto
Camiones	2+1 reserva	1+1 reserva
Frecuencia de recogida	diaria	diaria
Jornada laboral por la mañana	8 horas de 6 a 14 horas	4 horas de 6 a 10 horas
Jornada laboral por la noche	8 horas de 22 a 6 horas	8 horas de 22 a 6 horas
N° total de conductores	4	2

Tabla N° 27 Personal  
Fuente: Elaboración propia.

- **Equipamiento de personal.**

- Dotación de uniformes para personal de recogida, de acuerdo a las exigencias técnicas de diseño e identificación propuestas para este tipo de actividades.
- Equipos de Seguridad o equipos de protección personal (EPPs), de acuerdo a las exigencias técnicas de diseño e identificación propuestas para este tipo de actividades, con lo cual se asegure condiciones laborales adecuadas y salvaguardar la salud de los trabajadores de limpieza.

## CAPÍTULO 6: TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS

La planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos es aquella infraestructura en la que se puede reaprovechar y facilitar la disposición final de residuos sin que ello afecte el medio ambiente y la salud de las personas<sup>32</sup>. El tratamiento de residuos ha sido definido<sup>33</sup> como cualquier proceso, método o técnica que permita modificar la característica física, química o biológica del residuo.

Seco & colaboradores (2004), señalan que, las transformaciones físicas, químicas y biológicas normalmente se utilizan para:

1. Mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos sólidos.
2. Recuperar materiales reutilizables y reciclables como papel, cartón, plástico, vidrio, aluminio, metales férreos y metales no férreos.
3. Recuperar productos de conversión y energía.

La materia orgánica de los RSU puede ser convertida en productos utilizables y en energía por varios métodos:

1. Combustión para producir vapor y electricidad.
2. Pirólisis para producir un gas sintético, combustible líquido o sólido, y sólidos.
3. Gasificación para producir un combustible sintético.
4. Conversión biológica para producir compost.
5. Biodigestión para generar metano y producir humus orgánico estabilizado.

Luego de realizar el estudio de mercado, se determinó para la fracción fermentable su conversión biológica para producir compost mediante la instalación de una “planta de compostaje” debido a la cantidad y composición de los residuos orgánicos (corresponde al 73 % de la GPC) que se recogen diariamente en la ciudad de Jaén; y para la fracción resto debido al flujo de materiales reutilizables y reciclables, será necesaria una instalación que recupere estos materiales, denominado técnicamente como “Instalación de recuperación de materiales (IRM)” que contemple procesos de separación, y preparación para su comercialización a nivel local y

---

<sup>32</sup> Reglamento de la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos, aprobado por Decreto Supremo N° 057-2004-PCM “Artículo 17.-Tratamiento, Artículo 77.- Objeto del tratamiento.

<sup>33</sup> Cf. Numeral 31 de la Décima Disposición Complementaria, Transitoria y final de la Ley N° 27314 - Ley General de Residuos Sólidos.

nacional. Asimismo se considera la instalación de un relleno sanitario como técnica de disposición final del rechazo generado (ver CAPÍTULO 7).

### 6.1 LOCALIZACIÓN DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE RSU.

En el año 2007, la Municipalidad de Jaén, realizó el “Estudio de Selección de Sitio” para la ubicación de la planta de tratamiento y disposición final de los RSU, siendo seleccionado como mejor alternativa, el sector de Mochenta, ubicado a 25 minutos desde la Plaza de Armas de la Ciudad de Jaén, equivalente al Km 3+950, en este punto existe una trocha carrozable que discurre por la margen derecha de una quebrada sin nombre de 1+300 km que permite acceder al área del proyecto.

En el año 2009 para erigir el proyecto, la Municipalidad Provincial de Jaén realizó la adquisición de 64.4 ha para la instalación del complejo integral de tratamiento de RSU del ámbito municipal y disposición final, sin embargo, en este entonces, con los cálculos efectuados se determinó que para diez años de proyecto sólo se utilizarían 5.16 ha. La ubicación del terreno seleccionado se presenta en el Plano N°06 .

### 6.2 DEMANDA DE TRATAMIENTO DE LOS RSU.

La demanda de tratamiento está determinada por la totalidad de residuos urbanos producidos y recogidos en la ciudad de Jaén. En la Tabla N° 28 se hace referencia a la cantidad de residuos que ingresan a la planta de tratamiento, donde se muestra la GPC, así como los valores totales de generación de las dos fracciones de residuos en la ciudad de Jaén, teniendo en cuenta que el porcentaje correspondiente a la generación de fracción fermentable es del 73.8 % y de fracción resto el 26.2 %.

Año	GPC [kg/ (persona*día)]	RSU (t/d)		Total t/d	
		Fermentable	Resto		
0	2017	0.65	73.40	23.20	96.60
1	2018	0.65	75.67	23.92	99.59
2	2019	0.66	79.61	25.16	104.77
3	2020	0.67	83.18	26.29	109.47
4	2021	0.67	85.78	27.11	112.89
5	2022	0.68	89.79	28.38	118.17
6	2023	0.69	93.96	29.70	123.66
7	2024	0.70	98.31	31.07	129.38
8	2025	0.70	101.39	32.04	133.43
9	2026	0.71	106.06	33.52	139.58
10	2027	0.72	110.92	35.06	145.98
11	2028	0.72	141.94	44.86	186.80
12	2029	0.73	119.61	37.80	157.41
13	2030	0.74	125.05	39.52	164.57
14	2031	0.75	130.70	41.31	172.01
15	2032	0.75	134.80	42.60	177.40

Tabla N° 28 Residuos solidos urbanos a recibir para tratamiento.  
Fuente: Elaborada con datos del Estudio de caracterización Jaén, 2015.

### 6.3 RESIDUOS QUE SERÁN TRATADOS.

Este es uno de los puntos más importantes para el correcto funcionamiento de proyecto, ya que en los parámetros de diseño, siempre indica como principal variable el tipo de material que se va a recibir en la instalación (Tabla N° 29 y Figura N° 8), **siendo definidos en la etapa de recogida selectiva** desarrollada con la metodología propuesta por Zafra (2009).

Dentro del proyecto se han identificado dos fracciones de residuos para la clasificación domiciliaria: la fracción fermentable (residuos de comida, y restos vegetales domésticos), y la fracción resto que reúne a los materiales recuperables (papel, cartón, film-bolsas, PEAD, PET, brick, metales férricos y no férricos), y materiales no recuperables (rechazo compuesto por: textiles, sanitario, pilas, entre otros).

Residuos	t/d
Fracción fermentable	73.4
Fracción resto	23.2
Total	96.6

Tabla N° 29 Cantidad de residuos a tratar.  
Fuente: Elaboración propia

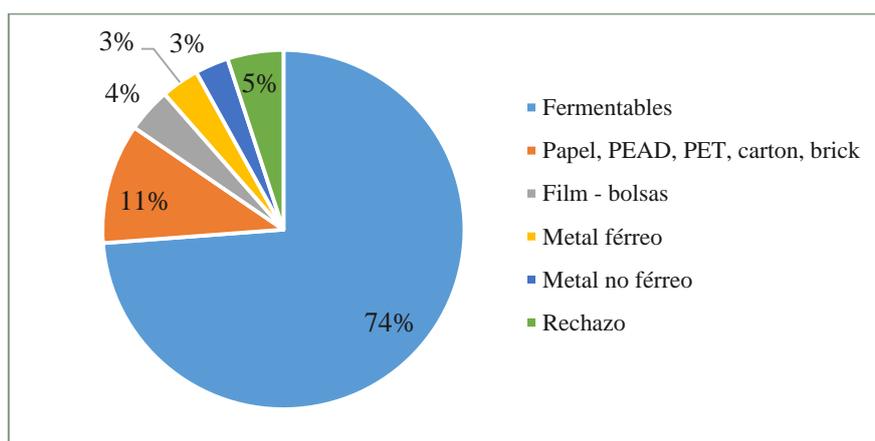


Figura N° 8 Composición porcentual de los materiales a tratar.  
Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de caracterización de RRSS Jaén, 2015.

### 6.4 FUNCIONES DE LA ETAPA DE TRATAMIENTO.

Es importante definir las funciones que se deben cumplir para poder tener una idea del alcance del nivel de selección y separación de los residuos, siendo:

- Cumplir con la normativa ambiental vigente, que obliga a los municipios la gestión de los residuos sólidos del ámbito de influencia.
- Disminuir los volúmenes de los residuos con destino al relleno sanitario. Este punto es de gran importancia, ya que con esto se está aumentando la vida útil del relleno y por lo tanto ahorrando los costos asociados a la construcción de uno nuevo.

- Obtener beneficios económicos por la venta de los materiales recuperados reciclables y compostables al mercado local.
- Generar fuentes de empleo para los habitantes de la zona donde se implementa el proyecto.

## 6.5 INSTALACIONES QUE CONTEMPLA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE RSU.

La planta de tratamiento de RSU contempla dos instalaciones para la valorización de los residuos restos y fermentables. (ver Plano N°07 )

- **Fracción resto: Instalación de recuperación de materiales (IRM).**- destinada al tratamiento de residuos recuperables y no recuperables. La función de la IRM es seleccionar de forma óptima el contenido del material entrante a través de una línea de selección donde se separan las fracciones recuperables para su posterior comercialización, mientras que el rechazo se prepara en balas mediante prensado para ser dispuestos finalmente en el relleno sanitario.
- **Fracción fermentable: Planta de compostaje.**- destinada al tratamiento de los residuos de la fracción fermentable conformada por residuos de comida, residuos vegetales domésticos.

Se tiene en cuenta que el municipio de Jaén según el Modelo1 de recogida selectiva “por contenedor en acera”, la población de Jaén genera 15 t/d de fracción resto, y 42 t/d de fracción fermentable, pero aplicando los datos obtenidos en la etapa de recogida de residuos (aplicación de metodología de diseño propuesto por Zafra, 2009), la cantidad de fracción resto y de fermentables es de 23.2 y 73.4 t/d respectivamente. Asimismo el Modelo 2 de recogida selectiva “puerta a puerta”, constituye al 10 % de la población, por lo que se ha decidido tomar los datos del Modelo 1 para la selección de equipamiento y tamaño de unidades en la etapa de tratamiento.

Cabe señalar que, en un caso ideal, en la recogida selectiva de las fracciones resto y fermentable no se encuentran mezclas en los contenedores, sin embargo con las experiencias de diversos ayuntamientos, la clasificación de los residuos no es el 100% eficiente; por lo que se ha contemplado:

- **Para la fracción resto:** la presencia de solo el 90 %, acompañado del 6 % de los residuos fermentables. Siendo en total 25.3 t/d que ingresan a la instalación de recuperación de materiales.
- **Para la fracción fermentable:** la presencia de solo el 94 %, acompañado del 10 % de los residuos resto. Siendo un total de 71.3 t/d que ingresan a la planta de compostaje.

## 6.6 INSTALACIÓN DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES (IRM).

Para el diseño de la planta de reciclaje, se debe tener muy en cuenta la topografía del terreno, esto para evitar costos en bandas de transportación o elevación hacia la criba tambor y la mano de obra del personal que realizarían estas tareas.

La IRM que se va a emplear también servirá como centro de transferencia para los residuos antes de ser enviados a disposición final, logrando con ello, ahorros en el transporte y en la extensión de la vida útil del relleno sanitario al disminuir el volumen de la corriente de rechazo generado.

Los procesos de transformación que se aplicarán en el tratamiento de la fracción resto, están conformados por transformaciones físicas mediante la separación de componentes por tamaño, la reducción mecánica de volumen, y la reducción mecánica de tamaño.

- **Separación de componentes por tamaño o criba:** se empleara para la separación por medio mecánico y manual de la mezcla de materiales comprendidos por la fracción resto en dos o más porciones mediante el uso de una o más superficies de criba, que se utilizan como tamaños de selección.
- **Reducción mecánica de volumen:** se empleará para reducir el volumen ocupado por un residuo, mediante la aplicación de una fuerza o presión. Y para incrementar la vida útil de los rellenos sanitarios, los residuos se compactan antes o después de ser vertidos.

Las ventajas de la recuperación y reciclaje están asociadas a la disminución del coste del tratamiento debido al valor residual de los productos obtenidos; y a la disminución del impacto ambiental al limitar las cantidades a eliminar. Las desventajas vienen dadas por la dependencia del sistema del mercado fluctuante, de forma que serán muy a menudo condicionantes exteriores a las características de los residuos los que fijan su recuperación.

### 6.6.1 Etapas de la IRM.

Se considera que la recogida de la fracción resto se realiza diariamente en una jornada laboral de dos turnos, uno de 8 h y otro de 4 h, y que las horas de funcionamiento de la instalación son de 8 h/d, siendo suficiente para para el tratamiento de los residuos en su totalidad.

Se presenta en la Figura N° 9 la ruta del modelo de tratamiento propuesto a implementar en el municipio de Jaén, así como la descripción de las operaciones llevadas a cabo en cada etapa de la instalación.

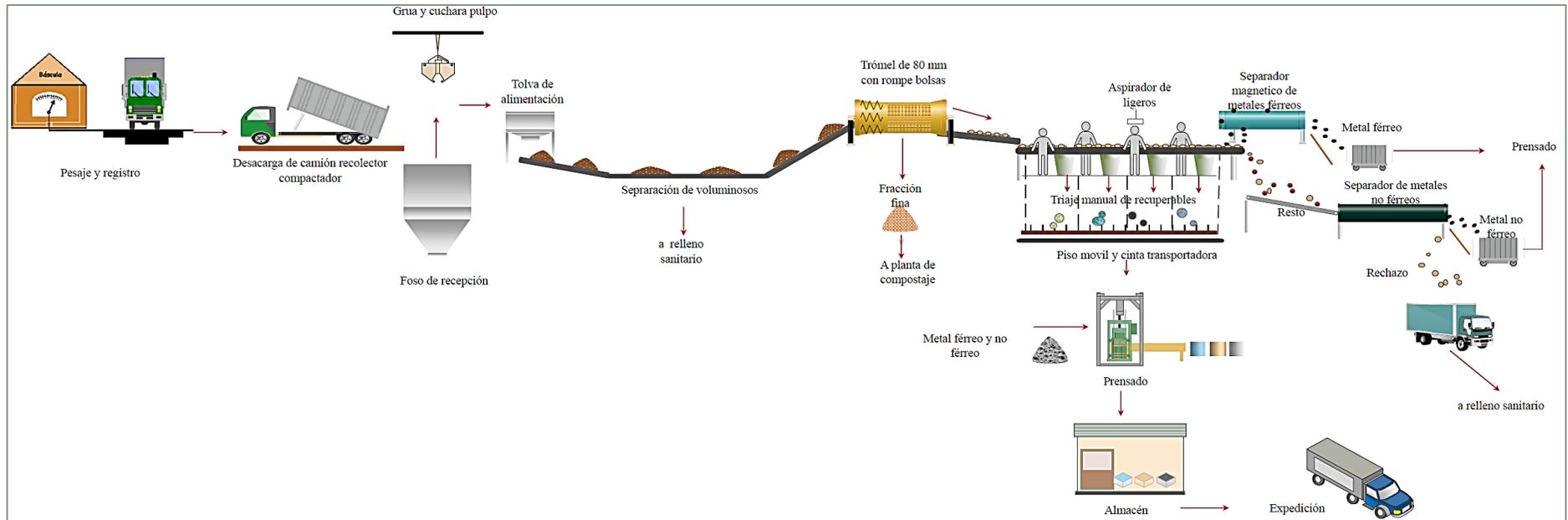


Figura N° 9 Ruta del modelo de la Instalación de recuperación de materiales.  
Fuente: Elaboración propia.

#### **6.6.1.1 Recepción, pesaje y registro de residuos.**

La fracción resto recogida del municipio de la zona urbana de la ciudad de Jaén, acceden a la planta de tratamiento a través del arribo de los camiones recolectores compactadores CRC, ingresarán automáticamente a las instalaciones, siendo pesados y registrados. Los datos a registrar son tipo de vehículo, matrícula, peso de entrada, tipología de residuos que transporta, fecha, hora, entre otros.

La bascula empleada, situada a la entrada/salida de la instalación, tiene por objetivo conocer el peso de los materiales que entran y salen de la instalación. Dado que deberá pesar camiones y/o remolques de gran tamaño, su capacidad debe oscilar entre 30 y 40 t.

Tras el pesaje, los CRC se dirigen hacia la zona de descarga, donde se encuentran los fosos de almacenamiento.

#### **6.6.1.2 Zona de descarga y alimentación de residuos.**

La zona de descarga contempla el foso de almacenamiento que sirve para recibir la fracción resto de los RSU recogidos por los CRC, luego mediante un puente grúa con cuchara pulpo se alimentará la tolva de conducto de alimentación de los residuos que dirige los residuos al triaje manual de voluminosos.

#### **Foso de almacenamiento.**

Se considera lo siguiente:

- Las dimensiones del foso de almacenamiento se detallan en la Figura N° 10, siendo su volumen estimado de 235 m<sup>3</sup>, previendo futuras situaciones de interrupción en el funcionamiento de la IRM (ver Figura N° 10); además se considera la construcción de un foso de reserva.
- El material más adecuado para su construcción es el hormigón armado con enlucido superficial de gran resistencia a la corrosión y buena impermeabilidad.
- Los residuos se extraen del foso utilizando el puente grúa con pulpo, para su transporte a la tolva de conducto de alimentación de residuos.

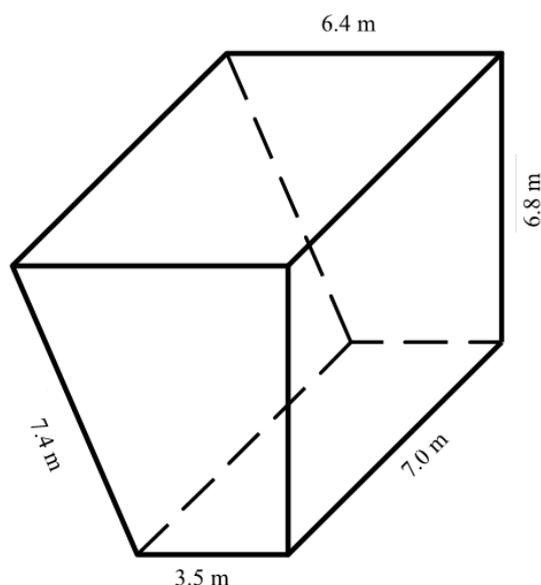


Figura N° 10 Diseño de foso de almacenamiento.  
Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de caracterización.

### Puente grúa con cuchara pulpo.

El puente grúa es la instalación fundamental, que se emplea para trasladar los residuos del foso de almacenamiento a la tolva de conducto de alimentación de los residuos, desplazándose sobre vigas paralelas. Tiene la función principal de distribuir los residuos dentro del foso de alimentación, y de proporcionar una alimentación controlada a la tolva de conducto de alimentación de los residuos.

#### **Características de puente grúa:**

Capacidad	:	8 000 kg
Tipo	:	grúa bipuente
Modelo	:	gancho simple
Material	:	34CrNiMo6
Longitud	:	8 m (considerando +1 foso de reserva)

#### **Características de cuchara pulpo:**

Volumen fracción resto	:	126.4 m <sup>3</sup> /día
Capacidad de cuchara	:	1.4 m <sup>3</sup>
Número de garras	:	5
Accionamiento	:	electrohidráulico
Peso de cuchara	:	1 650 kg
Tiempo de cierre	:	8 s
Tiempo de apertura	:	5 s
Velocidad de elevación	:	7 m/min
Altura de elevación	:	12.5 m

Ciclo de carga y descarga : 5 min (incluye tiempo muerto)  
Numero de ciclos/hora : 12

### Tolva de conducto de alimentación de residuos.

Se considera lo siguiente:

- La forma del área de descarga en la tolva es en forma de pirámide truncada con la base menor en dirección a la cinta de triaje manual de voluminosos.
- La capacidad teórica de producción de la instalación es de 126.4 m<sup>3</sup>/d, con una producción horaria de 15.8 m<sup>3</sup>/h, considerando que el tiempo de funcionamiento de la instalación es de 8 horas.
- El volumen adecuado para la tolva de alimentación es de 1.5 veces la capacidad de producción de la instalación (m<sup>3</sup>/h), siendo el volumen de diseño de 24 m<sup>3</sup>/h., tal como se muestra en la Figura N° 11.
- Construida en chapa de acero de espesor 5 mm con armazón y refuerzos.

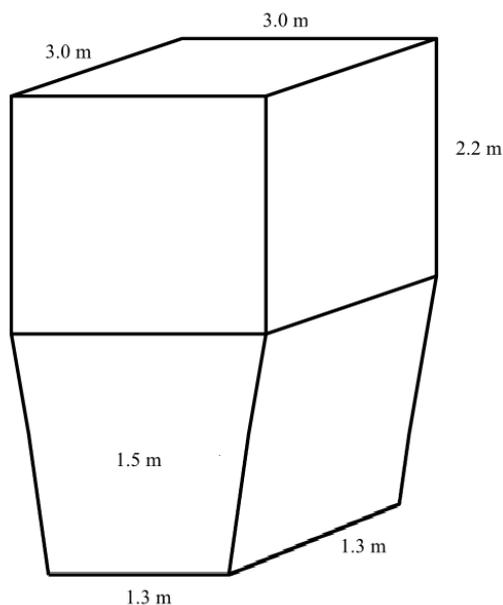


Figura N° 11 Tolva de conducto de alimentación de residuos.  
Fuente: Elaboración propia con datos del Estudio de caracterización.

#### 6.6.1.3 Zona de triaje manual de voluminosos o monstruos.

De forma manual en una cinta transportadora se realiza la separación de aquellos residuos voluminosos recuperables y no recuperables que pudieran dificultar el trabajo de las posteriores operaciones, permitiendo el ingreso de los residuos restantes a la criba tipo trómel. Se controla el ingreso de los residuos mediante una altura de 0.5 m.

Los residuos voluminosos (7 %) son transportados al área de prensado, para su adecuación y según su valorización de recuperables para su expedición, o no recuperables para su disposición final en el relleno sanitario.

Respecto a la cinta de triaje, Tchobanoglous & colaboradores (1994), consideran lo siguiente:

- Cinta de triaje horizontal continua.
- Las velocidades de triaje óptimas comprobadas experimentalmente en instalaciones deben estar entre 0.30 y 0.40 m/s. Velocidades superiores a 0.5 m/s son perjudiciales para el bienestar y la comodidad del operario, además de reducir su rendimiento. Siendo la velocidad elegida de 0.30 m/s
- La cinta de triaje está a una altura que oscila entre 0.75 y 0.90 m desde el suelo donde se posiciona el operario. Por ende se selecciona una altura de 0.80 m.
- La altura de las gualderas de la cinta de triaje, en las que se apoya la cintura del triador, no debe ser mayor de 0.25 m.
- Longitud de 5 m y ancho de 1.25 m.
- El número de operarios encargados del triaje de residuos voluminosos son 2 ubicados uno a cada lado de la cinta de forma alternada para facilitar la influencia de las operaciones de triaje.

#### **6.6.1.4 Abre bolsas y clasificación por tamaño en criba tipo trómel de 80 mm.**

Tras el primer triaje manual de voluminosos, se ha separado el 7 % de los residuos diarios que ingresan a la IRM, por lo que el 93 % de estos residuos continúan con el proceso de clasificación según su granulometría pasando a través de una criba tipo trómel (con placas verticales) de 80 mm de diámetro de malla de cribado en el que se produce inicialmente la rotura de las bolsas mediante el accionar de cuchillas rompe bolsas (o pinchos rasgadores) sin triturar el contenido. Estas cuchillas están previstas en el trómel, de tal forma que se asegure la efectividad de rasgado o vaciado no inferior al 70 % de las bolsas cerradas de entrada; y el cribado de los residuos según su tamaño, formando parte del hundido del trómel aquellos residuos con diámetro inferior a 80 mm denominado como fracción fina (ver Figura N° 12), siendo esta mayormente materia orgánica (27.7 %) que es dirigida mediante cinta transportadora a la fase de trituración y mezcla de la planta de compostaje, con una previa evaluación de ausencia en contenido de metales férricos y no férricos; de lo contrario, esta corriente es redirigida al separador magnético y al sistema de Foucault, el cual será accionado de forma alternada sin que se genere interrupciones en el sistema.

En cuanto a los residuos que no hayan atravesado la malla del cribado (72.3 %) por ser de tamaño mayor a 80 mm, continúan su transporte hacia la zona de triaje manual mediante una cinta transportadora.

La tracción de la criba se lleva a cabo por medio de un sistema de motor eléctrico y una rueda de tracción.

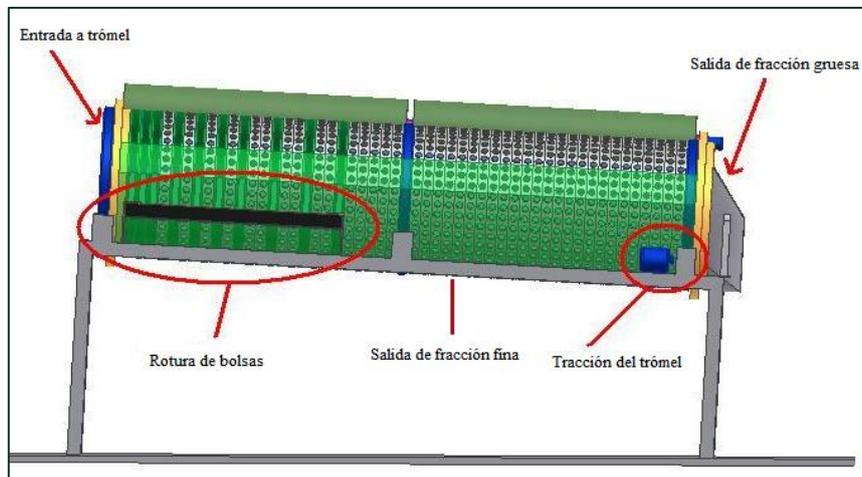


Figura N° 12 Criba tipo trómel de 80 mm.  
Fuente: (Tchobanoglous & colaboradores, 1994)

Tchobanoglous & colaboradores (1994), señala que, la criba tipo trómel es la más empleada en la gestión de los RSU. Su diseño está basado en los siguientes parámetros: diámetro, longitud, velocidad de rotación, ángulo de inclinación, tasa de alimentación.

- Diámetro de trómel:

$$D_{teórico} = \left[ \frac{11.36 * Q_t}{d_b * F * K_v * g^{0.5} * \tan \alpha} \right]^{0.4}$$

Donde:

- $D_{teórico}$ , es el diámetro del trómel en m
- $Q_t$ , es el rendimiento del trómel en kg/s
- $d_b$ , es el peso específico de los residuos sólidos urbanos medidos en  $\text{kg/m}^3$  ( $200 \text{ kg/m}^3$ )
- $\alpha$  corresponde al ángulo de inclinación del trómel
- $K_v$ , es el factor de corrección de velocidad que depende del ángulo de inclinación este puede ser de 1.35 con un ángulo de  $3^\circ$  o, 1.85 con un ángulo de  $5^\circ$
- $F$ , es un factor de relleno entre 0.25 a 0.33, ya que el trómel no será llenado en su totalidad
- $g$ , es la aceleración gravitacional igual a  $9.81 \text{ m/s}^2$

Para la definición del rendimiento del trómel, se calcula la tasa de carga de la planta (t/h), mediante la siguiente ecuación:

$$Tasa\ de\ carga = \frac{Número\ de\ \frac{t}{día}}{Horas\ de\ funcionamiento/día}$$

$$Tasa\ de\ carga = \frac{117.7\ \frac{m^3}{día} * 0.2\ \frac{t}{m^3}}{8\ \frac{h}{día}} = 2.9\ \frac{t}{h}$$

La tasa de carga se debe incrementar entre un 10 % y 15 % para tomar en cuenta los tiempos muertos, considerando este criterio tenemos:

$$Tasa\ de\ carga = 2.9\ \frac{t}{h} + 15\ \% = 3.4\ \frac{t}{h}$$

La tasa de carga es el flujo másico de los RSU que ingresan en el trómel, el flujo másico para el diseño es  $Q_t = 3.4\ \frac{t}{h} = 0.9\ \frac{kg}{s}$

Entonces el diámetro interno del trómel es de:

$$D_{teórico} = \left[ \frac{11.36 * 0.9\ \frac{kg}{s}}{200\ \frac{kg}{m^3} * 0.33 * 1.35 * \left(\frac{9.81\ m}{s^2}\right)^{0.5} * \tan 3} \right]^{0.4}$$

$$D_{teórico} = 1\ m$$

- Angulo de inclinación: Para RSU  $\alpha=3^\circ$
- Longitud de trómel: 7 m
- Diámetro de criba: 80 mm.
- Velocidad de rotación (VR en rev/s):

La velocidad de rotación está en función a la velocidad crítica (VC) la misma que es cuando los materiales se pegan a la superficie del cribado

$$VR = k * VC$$

K= factor de corrección de velocidad que depende del ángulo de inclinación y va de 0.5 – 0.8

$$VC = \frac{1}{2. \pi} \sqrt{\frac{g}{r}}$$

Donde:

g: aceleración de la gravedad (9.81 m/s<sup>2</sup>)

r: radio del trómel (m)

$$VC = \frac{1}{2. \pi} \sqrt{\frac{9.81 \text{ m/s}^2}{0.5 \text{ m}}} = 0.7 \frac{\text{rev}}{\text{s}} = 42 \text{ rpm}$$

Entonces la velocidad óptima se produce cuando los materiales se voltean en un movimiento catarata, esto es cuando los RSU se conducen parcialmente por la pared interior del tambor para luego caer sobre sí mismos. Idealmente la velocidad de rotación debe ser el 50 % de la velocidad crítica para diseños que incluyen placas verticales en el interior y 80 % para casos que no consideren estas placas. En base a esto se obtiene la siguiente velocidad óptima de rotación:

$$VR = 0.5 * 42 \text{ rpm} = 21 \text{ rpm}$$

El ángulo de inclinación entre la entrada y la salida del trómel que en este caso es de 3° influye en el tiempo de residencia de los residuos.

#### **6.6.1.5 Triage manual de recuperables.**

El triaje de materiales consiste en la selección manual de materiales recuperables sobre una cinta transportadora, la cual está acondicionada para la ergonomía de los triadores. Las instalaciones que forman parte de esta etapa, se detallan a continuación.

#### **Cinta transportadora.**

Se desarrollan a continuación las características de una cinta transportadora, tomando en cuenta las consideraciones de Tchobanoglous & colaboradores (1994).

- Tipo de cinta.

Cinta transportadora plana, apoyada sobre rodillos, en posición horizontal, con canales laterales para evitar desbordamientos de los residuos.

- Tasa de carga ( $Q_c$ ).

La tasa carga para el diseño es:  $Q_c = 0.24 \text{ kg/s}$

- Velocidad de la cinta ( $V_c$ ).

Las velocidad de triaje óptimas comprobadas experimentalmente en instalaciones deben estar entre 0.08 m/s y 0.5 m/s. Velocidades superiores a 0.5 m/s son perjudiciales para el bienestar y la comodidad del operario, además de reducir su rendimiento. Para el diseño de la cinta transportadora se tomó como referencia una velocidad de 0.1 m/s, para un diseño más eficaz.

$$V_c = 0.1 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

- Limitaciones ergonómicas del ancho y la altura de la cinta.

Panero (1996), menciona que el ancho y la altura de la cinta dependen antropométricamente de una superficie de trabajo basada en datos antropométricos.

- Ancho de cinta.

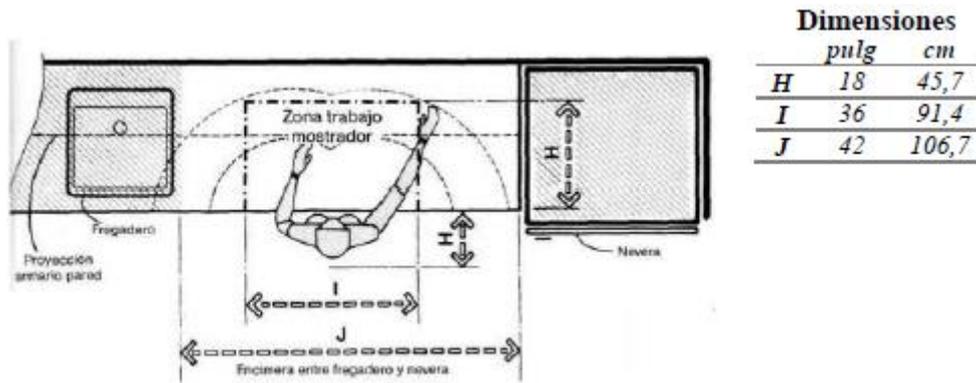


Figura N° 13 Espacios horizontales antropométricos para un banco de trabajo.  
Fuente: Panero, 1996.

Con base en la información proporcionada en la Figura N° 13, se concluye que el ancho efectivo de diseño de la cinta es:  $b_o = 0.8 m$

- Altura de cinta.

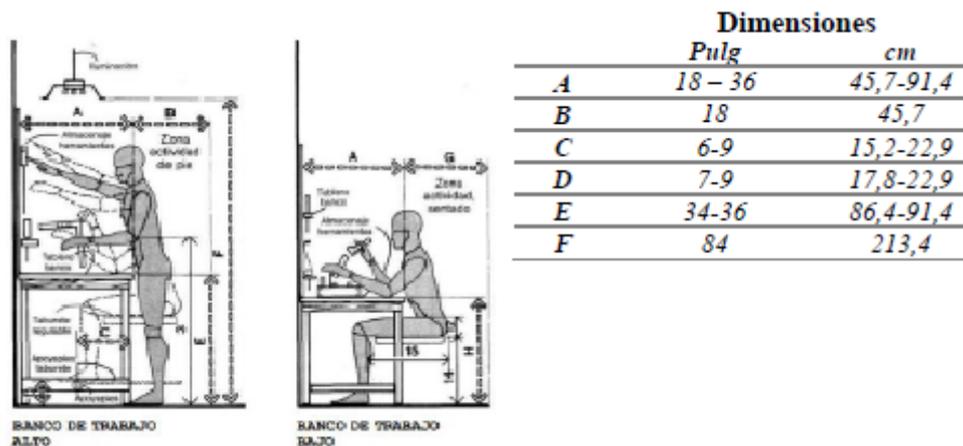


Figura N° 14 Espacios verticales antropométricos en un banco de trabajo.  
Fuente: Panero, 1996.

Con base en la información proporcionada en la Figura N° 14, se concluye que la altura de la cinta desde el suelo donde se posiciona el operario es:  $h_c = 0.6 m$

Se contempla además la altura de 0.25 m de las gualderas de la cinta transportadora en la que se apoya la cintura del triador.

- Espesor de la masa de residuos sobre la cinta.

El espesor de la masa de residuos sobre la cinta se calcula con la siguiente ecuación:

$$s_{wc} = \frac{Q_c}{V_c \cdot \rho_r \cdot b_o}$$

Donde:

- $Q_c$  = tasa de carga o flujo base (kg/s)
- $V_c$  = velocidad de cinta (m/s)
- $\rho_r$  = densidad de los residuos (kg/m<sup>3</sup>)
- $b_o$  = ancho efectivo de la banda (m)

$$s_{wc} = \frac{0.24 \frac{kg}{s}}{0.1 \frac{m}{s} * 200 \frac{kg}{m^3} * 0.8 m}$$

$$s_{wc} = 0.02 m = 2 mm$$

El valor calculado corresponde al valor promedio de la masa de residuos. Considerando el paso de una botella de plástico, de diámetro promedio de 100 mm, se define un espesor de la masa de residuos sobre la cinta, de:  $s_{wc} = 100 mm$

- Distancias entre posiciones de triaje.

Los triadores requieren una anchura libre de 1 m para poder moverse sin entorpecimiento. El rendimiento promedio operativo de triaje manual de materiales, medido en planta, es de 2000 movimientos por hora y por material.

- Longitud y área de cinta.

El largo de la cinta depende del número de personas dispuestas en toda su longitud. Este número se define de acuerdo a la cantidad de residuos por unidad de tiempo que pueden ser seleccionados por un operario; y de acuerdo a la cantidad de residuos que deben ser recuperados en cinta diariamente.

Se emplean 4 triadores, ubicados 2 a ambos lados de la banda en forma de boleo para facilitar el desempeño laboral y el área de influencia de cada triador. Cada triador tiene un frente de trabajo de 1.25 m<sup>2</sup>. Asimismo se considera el ancho de 0.5 m ocupado por el aspirador de material ligero, y una longitud de 2 m para la transmisión de potencia (1 m a cada extremo de la cinta). Haciendo una longitud de:  $l_o = 7.5 m$  para el triaje manual, siendo el área superficial de la cinta, y la masa de residuos por unidad de área:

$$A_{sc} = l_o \cdot b_o$$

$$A_{sc} = 7.5 m \cdot 0.6 m = 4.5 m^2$$

- Masa de residuos por unidad de área.

$$\frac{m_{residuos}}{A_{sc}} = \rho_r * S_{wc} = 200 \frac{kg}{m^3} * 0.10 m = 20 kg/m^2$$

- Masa de residuos sobre la cinta.

$$m_r = \frac{m_{residuos}}{A_{sc}} * A_{sc} = 20 \frac{kg}{m^2} * 4.5 m^2 = 90 kg$$

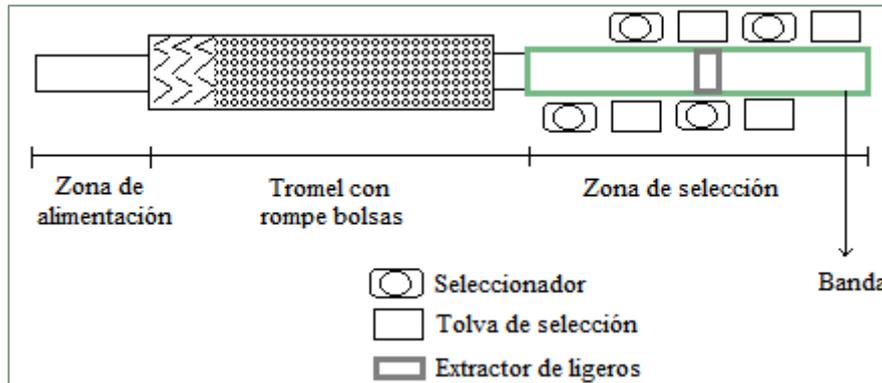


Figura N° 15 Zona de triaje o recuperación de materiales.  
Fuente: Elaboración propia.

### Aspiración de material ligero.

En el trayecto de esta banda transportadora para el triaje manual de recuperables, se cuenta con 01 boca de aspiración de materiales ligeros como tiras de papel, bolsas y film (PEBD), colgada sobre la plataforma del triaje (el triador acerca el material y este es aspirado), siendo retirados los residuos del flujo y conducidos a la cabina con piso móvil ubicado debajo de la cinta transportadora, para su posterior destino en el área de prensado.

### Cabinas con piso móvil para materiales recuperados.

Debajo de la cinta de triaje se ubica el sistema de almacenamiento de los residuos recuperados, mediante el acondicionamiento de cabinas con piso móvil (Figura N° 16). La cabina con piso móvil se caracteriza por comprender un suelo compuesto por distintas laminas metálicas, las cuales son accionadas hidráulicamente y que incorpora tres paredes laterales a modo de cerramiento formando las cabinas (4 en total para: plástico, papel y cartón, ligeros, y tetrapak) con un lado libre para poder realizar la alimentación de materiales recuperados a la cinta transportadora que dirige los residuos hacia la zona de prensado.



Figura N° 16 Cabinas de almacenamiento con piso móvil.

Por tanto, como producto del empleo del piso móvil, se regulará el flujo de la cinta transportadora, y se optimizará el uso de esta cinta como el único transporte para los residuos recuperados, evitando la instalación de cintas individuales para cada tipo de material.

#### **6.6.1.6 Separación de metal férreo por separador magnético.**

Mediante un separador magnético, los materiales férricos son separados del flujo de la cinta de triaje. Este sistema de separación se basa en la instalación de una cinta sin fin ubicada por encima del extremo final de la cinta de triaje, la cual atrae mediante los imanes recogedores los metales férricos, generando una corriente resto conformado por metales no férricos y rechazo, los cuales son dirigidos por una cinta transportadora hacia la separación mediante corriente de Foucault (Ver Figura N° 17). El material férreo recuperado es almacenado en un contenedor móvil, que una vez lleno, se dirige hacia el almacén de la zona de prensado.

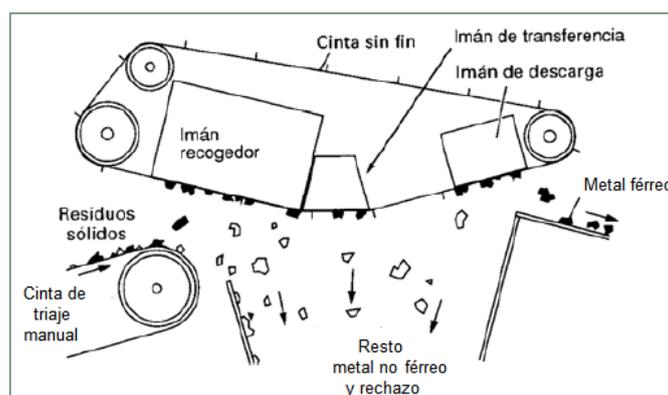


Figura N° 17 Separador de metal férreo.  
Fuente: Tchobanoglous & colaboradores (1994).

#### **6.6.1.7 Separación de metal no férreo por corriente de Foucault.**

El aluminio es uno de los metales que se puede encontrar con mayor facilidad en los desechos domiciliarios, en los productos como: latas de bebida y conservas, ollas y sartenes, folios de

aluminio, etc. La separación por el método de foucault está basado en la ley de Faraday sobre la inducción magnética, esta ley permite separar metales no féreos (como puede ser el aluminio, el uso principal de este método es para la separación de latas o ciertos componentes de aluminio (Tchobanoglous & colaboradores, 1994); por tanto, el material no férreo será despedido de su trayectoria natural, consiguiendo su separación del rechazo del flujo de materiales. (Ver Figura N° 18). Estos metales no féreos son depositados en un contenedor móvil para su posterior transporte al almacén del área de prensa.

Los residuos tras superar las diferentes etapas de selección, son considerados “rechazo” del proceso, siendo descargados en un camión volquete, los que posteriormente se trasladan diariamente hacia la zona de prensado para formar balas de rechazos y poder ser dispuestos en el relleno sanitario.

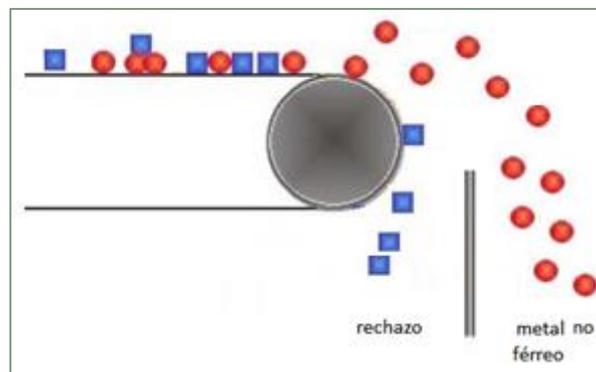


Figura N° 18 Separación de metal no férreo del rechazo.  
Fuente: Tchobanoglous & colaboradores (1994).

Características del separador por corriente de foucault.

- a. **Ancho útil:** En función del flujo de entrada al equipo, se dimensiona el ancho útil de la banda del separador, de tal forma que para conseguir la misma efectividad de selección de aluminio en un flujo mayor de materiales es necesario un ancho útil mayor.
- b. **Efectividades de selección:** Se ha obtenido experimentalmente en separadores magnéticos en plantas de selección de envases que la efectividad de selección es del 90 % de aluminio seleccionado.
- c. **Alimentación:** Se requiere de alimentación dosificada regularmente y repartida a lo ancho de la cinta, por ello el ancho de la cinta de alimentación al separador magnético ha de tener un ancho similar al ancho útil del equipo.
- d. **Velocidad de la cinta:** Se requiere que los metales a seleccionar se encuentren lo más libres posible del resto de los materiales, por lo tanto la velocidad de la cinta debe ser alta, estando entre 2 y 2.5 m/s.
- e. **Velocidad del rotor:** Es regulable y ha de ser de al menos 3000 r.p.m.

- f. **Longitud de banda entre rotores:** Con el fin de estabilizar el material a seleccionar, ha de ser de 2 m como mínimo.
- g. **Tajadera de separación:** Dispone de una tajadera de separación entre la tolva de material no férrico (aluminio seleccionado) y la tolva de corriente de rechazo del equipo, regulable en ángulo.
- h. **Nervadura:** Requiere de al menos una nervadura de poco alzado en todo el desarrollo de la banda, con el fin de desprender de la zona magnetizable los materiales férricos que se adhieran, siendo depositados en una tolva.
- i. **Potencia instalada:** Consta de la suma de dos potencias: la potencia de la banda transportadora y la potencia del rotor. En función de las dimensiones de la máquina la potencia total varía entre 2 kW para los modelos de menores dimensiones y 6.6 kW para los de mayor tamaño.

#### **6.6.1.8 Prensado de material comercializable.**

Los residuos recuperados y clasificados en la zona de triaje manual, llegan por turnos a la zona de prensado, son acumulados, transportados mediante una pala cargadora hacia el almacenamiento estando debidamente rotulado para luego ser prensados y comercializados según requerimiento del mercado.

#### **6.6.1.9 Almacenamiento de residuos comercializables.**

Posterior a ser prensados, los materiales se almacenan ya listos para la venta. El área de bodega depende de la periodicidad en que se realicen los despachos, lo cual depende de la capacidad del transporte y de comercialización con los compradores, teniendo en cuenta la integridad de los residuos estando bajo techado.

#### **6.6.1.10 Control de calidad.**

Existe un puesto de control de calidad, previo al paso del material a la zona de prensado, para cada uno de los materiales recuperados. Existen 5 puntos de control de calidad.

- Plástico (PEBD)
- Plástico (PEAD)
- Tetrapak
- Papel y Cartón
- Metal: férreo y no férreo.

La disposición de los mismos ha sido diseñada para situar un solo operario para cada punto de control. En los casos en que fuese necesario, por un incremento en el material seleccionado por el aumento en el régimen de alimentación, el diseño de los puestos permite colocar dos operarios por cada punto de control de calidad.

## **6.7 PLANTA DE COMPOSTAJE.**

Las transformaciones biológicas de la fracción fermentable de los RSU se pueden utilizar para reducir el volumen y el peso del material, para producir compost (materia similar al humus que se puede utilizar como acondicionador del suelo) y para producir metano. Los principales organismos implicados en las transformaciones biológicas de residuos orgánicos son bacterias, hongos, levaduras y actinomicetos. Estas transformaciones pueden realizarse aerobiamente o anaerobiamente, según la disponibilidad de oxígeno.

Según Seco & colaboradores (2004), el compostaje es posiblemente la técnica más antigua de tratamiento de residuos que conoce el hombre, que, debido al auge que actualmente se presenta en cuanto a la solución de la problemática ambiental, ha encontrado una mayor popularización y un mayor estudio. Es el proceso biológico más frecuentemente utilizado para la conversión de la fracción orgánica de los RSU a un material húmico estable conocido como compost. El proceso se efectúa mediante la fermentación controlada (control de temperatura, humedad y aireación) de la fracción orgánica de los RSU por poblaciones de microorganismos aerobios (bacterias, hongos y actinomicetos). Así mismo, se efectúan determinadas operaciones de tipo mecánico como la trituración o el cribado cuya finalidad es, por una parte, facilitar el proceso, y por otra, mejorar la calidad del producto obtenido.

El compostaje presenta como ventajas más importantes las siguientes:

- Permite la eliminación de residuos industriales o municipales con una elevada proporción de materia orgánica, caso de mataderos, papeleras, serrerías, fangos de depuradoras, etc.
- El producto final tiene un valor residual, por lo que puede venderse.
- El terreno necesario para la instalación es reducido comparándolo con el caso del relleno sanitario.
- Si se explota adecuadamente no produce molestias, por lo que puede colocarse próximo a los centros productores de residuos, lo cual permite disminuir los costes de transporte.
- Si la instalación está cubierta, caso de las que se construyen actualmente, su funcionamiento no se ve afectado por el clima y se eliminan malos olores.

Las desventajas derivan frecuentemente de una gestión inadecuada, bien de la explotación de la instalación, bien de la explotación comercial del producto resultante, pudiendo citarse las siguientes:

- Los costes de inversión inicial y de la explotación son elevados.
- No es un método completo, ya que exige la existencia de un relleno sanitario para la eliminación de los rechazos.
- Sólo se pueden situar en zonas con demanda suficiente del producto final, ante el riesgo de tener que almacenar el producto resultante sobrante.
- Dificultad de comparar sus costes con los de otros métodos, debido especialmente a la influencia del aspecto comercial.

Los procesos de transformación que se aplicarán al tratamiento de la fracción fermentable, están conformados por transformaciones físicas y biológicas:

- **Separación de componentes por tamaño o criba:** se empleara para la separación por medio mecánico y manual de los componentes identificables no seleccionados de la fracción fermentable, para permitir conseguir un producto más uniforme.
- **Reducción mecánica de tamaño:** se empleará para la trituración mecánica de los residuos de tal forma que su tamaño sea razonablemente uniforme en comparación con su forma original.
- **Fermentación:** tratamiento biológico necesario para alcanzar una temperatura elevada para obtener por una parte la esterilización del material y por otra permitir la producción de coloides húmicos. Estos procesos son provocados por la acción sobre la materia orgánica de los microorganismos, los cuales proliferan en condiciones favorables de humedad, aireación y temperatura.

Asimismo en cumplimiento de criterios de calidad de un compost obtenido a partir de RSU, influyen dos factores.

- **La separación de materiales no deseables**, es decir, aquellos cuya degradación biológica es difícil, como plásticos, vidrio, etc., o bien los residuos que puedan aportar elementos tóxicos como metales pesados, productos químicos, etc., cuya asimilación por parte del cultivo receptor representa un riesgo potencial para la salud.
- **La granulometría final del producto** vendrá determinada por el proceso de homologación y fermentación de los residuos, para lo que existen distintas tecnologías.

Colomer Mendoza & Gallardo Izquierdo (2007) afirman que, dependiendo de la planta de compostaje, de los residuos recibidos y de la tecnología de la maquinaria empleada, se puede obtener un mayor o menor rendimiento en el compost obtenido a partir de la materia orgánica. El problema puede aparecer cuando se encuentran mezclados los residuos orgánicos compostables con otros residuos, provocando una disminución de la calidad del compost obtenido; elementos

inertes como plástico, vidrio, metales, etc., que pueden liberar tóxicos como metales pesados, dioxinas, etc.

### **6.7.1 Parámetros que intervienen en el proceso de compostaje.**

Las variables más importantes que afectan a los sistemas de compostaje pueden ser clasificados en dos tipos de parámetros en los que hay que establecer un control:

- 1. Parámetros de seguimiento:** aquellos que han de ser medidos, seguidos durante todo el proceso y adecuados, en caso de ser necesario, para que sus valores se encuentren en los intervalos considerados correctos para cada fase del proceso (Jeris & Regan, 1973). Entre los parámetros de seguimiento se encuentran: temperatura, contenido de humedad, pH, concentración de oxígeno.
- **Temperatura.-** Los sistemas de compostaje aerobio pueden funcionar en la región mesofílica (30-38 °C) o en la termofílica (55-60 °C). El aumento de temperatura observado en los residuos se produce por las reacciones exotérmicas asociadas al metabolismo respiratorio. La temperatura se puede controlar controlando el caudal de aire introducido o variando la frecuencia del volteo. Para conseguir la eliminación de patógenos y parásitos son necesarias temperaturas entre 35-55 °C. Por otra parte, temperaturas demasiado elevadas pueden producir inhibición del proceso. De hecho, el perfil de temperatura depende de cada tipo de material y de las condiciones en que se composte.
- **Contenido de humedad.-** Para el control del contenido en humedad es necesario que la fermentación se realice bajo techo y que la superficie de apoyo de los residuos tenga pendiente suficiente para evacuar el agua sobrante y esté perfectamente drenada. Un exceso de agua impide la circulación de aire a través de la masa de residuos, forzando la fermentación anaerobia y provocando malos olores. La falta de humedad disminuye la velocidad de los procesos biológicos ya que las reacciones microbianas se desarrollan en un entorno acuoso. El contenido en humedad óptimo está en el rango del 50 a 60 %. La humedad puede ajustarse mediante la mezcla de componentes o la adición de agua. Cuando el contenido en humedad del compost cae por debajo del 40 %, se reduce la velocidad de fermentación.
- **pH.-** es otro parámetro importante para evaluar el medio microbiano y la estabilización de los residuos. En general los hongos toleran un amplio rango de pH (5 – 8) pero las bacterias tienen un margen más estrecho (6 a 7.5). El pH inicial de la fracción orgánica de los RSU está normalmente entre 5 y 7. En los primeros días de compostaje el pH cae a 5 o menos. Durante esta etapa la masa orgánica está a temperatura ambiente, comienza la reproducción de los microorganismos y sube rápidamente la temperatura. Entre los productos de esta etapa inicial están los ácidos orgánicos de cadena corta, que causan una disminución del pH. Después de aproximadamente tres días, la temperatura llega a la etapa termofílica y el pH empieza a subir hasta aproximadamente 8 ó 8.5. El valor del pH cae ligeramente durante la etapa de enfriamiento y llega hasta un valor en el rango 7 a 8 en el compost maduro. Si el grado de

aireación no es adecuado, se producirán condiciones anaerobias, el pH caerá hasta aproximadamente 4-5 y el proceso de compostaje se retrasará.

- **Concentración de oxígeno.**- La presencia de oxígeno en cantidad suficiente es necesaria para que el proceso se realice en condiciones aerobias. Si se produce un déficit de oxígeno, se inician procesos de descomposición anaerobia responsables de malos olores y generación de lixiviados. La cantidad de aire a suministrar depende del tipo de material, de su textura y humedad, aunque un valor orientativo para el caso de RSU estaría entre 4.5 y 5 l (en condiciones normales)/h/kg de materia fresca con el 45 % de humedad. Generalmente se utiliza un exceso de aire del orden del 10 % para asegurar una oxidación rápida. Dado que las cantidades de aire necesarias son importantes, puede utilizarse como un regulador de la temperatura. (Seco & colaboradores, 2004)
- 2. **Parámetros relativos a la naturaleza del sustrato:** aquellos que han de ser medidos y adecuados a su valores correctos fundamentalmente al inicio del proceso (Madejón y col, 2001). Entre los relativos a la naturaleza del sustrato: tamaño de partícula, relaciones C/N.
- **Tamaño de partícula.**- La estructura física y el tamaño de los residuos que componen la masa a compostar influyen directamente en la optimización del proceso, afectando a la aireación, la temperatura y la duración del mismo. Conviene evitar condiciones extremas en el grado de división de los materiales. Para ello se recomienda reducir los residuos grandes mediante el uso de trituradoras y mezclarlos con materiales auxiliares de menor tamaño con el fin de obtener una estructura de porosidad adecuada para evitar la compactación de las unidades de compostaje y mejorar la capacidad de intercambio gaseoso. Las dimensiones consideradas óptimas varían de 2.5-2.7 cm según Tchobanoglous & colaboradores (1994).
- **C/N.**- es el factor ambiental más importante. La relación C/N se considera como un indicador del grado de avance del proceso, así al inicio del proceso esta relación debe ser del orden de 30:1 y al final cuando se alcanza la maduración del compost puede ser de 10:1 (Tchobanoglous & colaboradores, 1994). La relación C/N puede regularse combinando diferentes residuos. La mezcla de un residuo con una relación C/N alta (por ejemplo, restos vegetales fibrosos como restos de poda y cortezas de árboles) con un residuo rico en nitrógeno y, por lo tanto, con relación C/N baja (por ejemplo, lodos de depuradora) permite lograr relaciones óptimas para el compostaje. Los valores o intervalos óptimos están influenciados por las condiciones ambientales, el tipo de residuo a tratar y el método de compostaje elegido.

### 6.7.2 Sistema de compostaje.

Existen diferentes sistemas de compostaje (abiertos y cerrados), siendo el objetivo de todos transformar los residuos en un material húmico estable y alcanzar las condiciones necesarias para eliminar los microorganismos patógenos, hongos, esporas, semillas y otros organismos indeseables en el producto final.

Los sistemas de compostaje se diferencian por la forma de incorporación del aire, el control de la temperatura, la mezcla o el volteo del material y la duración del proceso. La selección del sistema, dependerá de las necesidades, los recursos disponibles y las condiciones ambientales, entre otros.

Respecto a los sistemas abiertos, estos son más tradicionales, donde la masa de residuos se dispone como una pila o hilera. La altura ideal de una pila se determina por su capacidad para producir y mantener la temperatura necesaria y permitir que el oxígeno llegue al punto central de la masa de compostaje. Generalmente la altura varía entre 1 m y 3 m, con un ancho de hasta aproximadamente 4-5 m. Existen dos métodos, siendo: pilas volteadas, y pilas estáticas con aireación forzada. En este caso se ha decidido emplear el método por pilas volteadas el cual se detalla a continuación:

**Sistema abierto mediante pilas o hileras volteadas.**- Es el sistema más generalizado, pero da lugar a un proceso lento ya que es un sistema discontinuo. Se basa en la formación de pilas, agrupando los residuos en montones que generalmente adoptan forma triangular. Es un método económico y fiable si se dispone de tiempo y espacio, y requiere un mínimo de atención. En estas pilas de sección triangular (especificaciones detalladas en la etapa de fermentación) se realiza el volteo periódico del material a fermentar para introducir oxígeno, controlar la temperatura y mezclar de manera que se obtenga un producto homogéneo para mayor eficacia de la acción degradadora de los microorganismos.

La fermentación se encuentra seguida por la etapa de afino para extraer aquellas impurezas del compost, la cual se realiza mediante separación densimétrica; finalizando el proceso de compostaje con la fase de maduración del compost para su posterior almacenamiento y expedición.

### **6.7.3 Etapas de la planta de compostaje.**

A continuación se desarrolla el análisis técnico de la planta, se prevén instalaciones, teniendo en cuenta las herramientas disponibles. La recogida de la fracción fermentable se realiza diariamente en una jornada laboral de dos turnos (mañana y noche) de 8 h/turno, y que las horas de funcionamiento de la instalación son de 8 h/d, siendo suficiente para para el tratamiento de los residuos en su totalidad. Se presenta en la Figura N° 19 la ruta del modelo de tratamiento propuesto a implementar en el municipio de Jaén, así como la descripción de las operaciones llevadas en las etapas de la instalación.

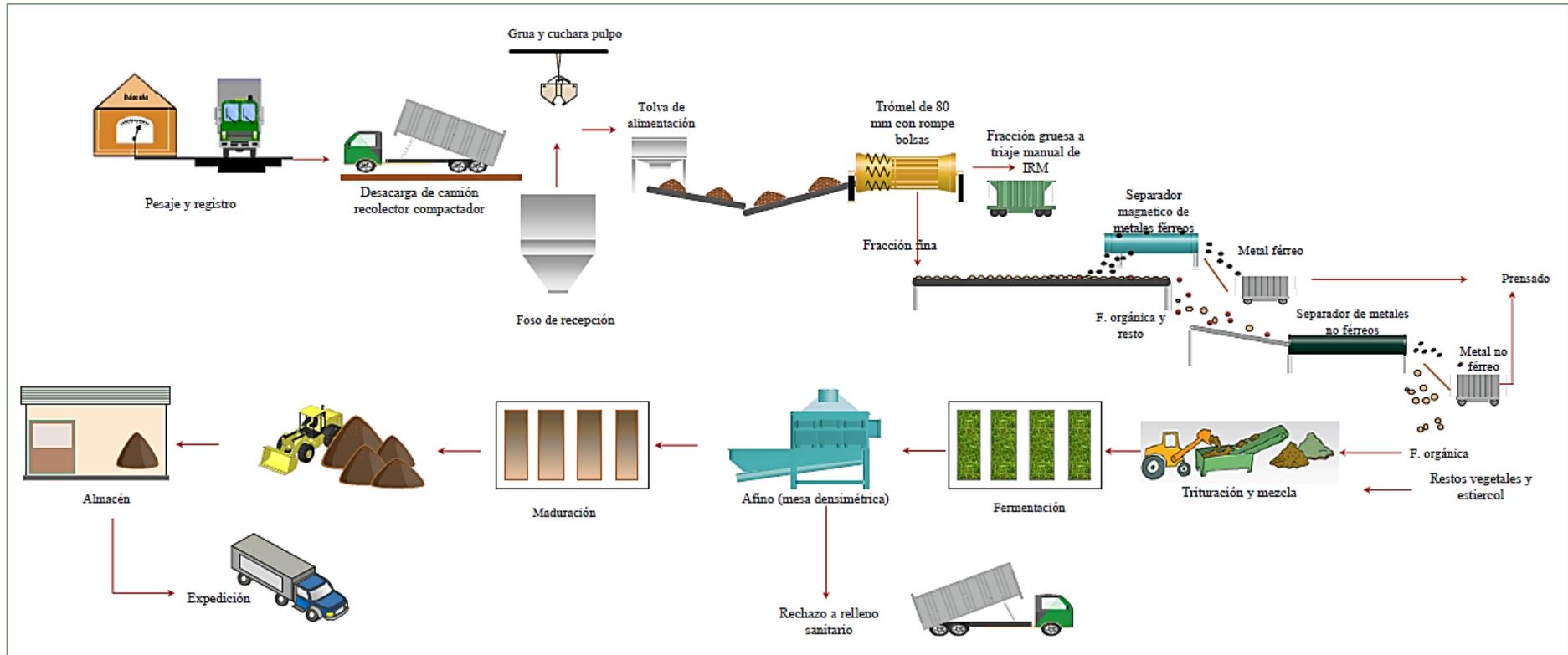


Figura N° 19 Ruta del modelo de la Planta de compostaje.  
Fuente: Elaboración propia.

### 6.7.3.1 Etapas de pretratamiento.

#### Recepción, pesaje y registro de residuos.

Etapa con iguales especificaciones a la etapa 1 de la IRM, considerando además los residuos vegetales y estiércoles adquiridos para la relación óptima de C/N de residuos para iniciar el proceso de compostaje.

#### Zona de descarga y alimentación de fracción fermentable.

La zona de descarga contempla el foso de almacenamiento que sirve para recibir la fracción fermentable de los RSU recogidos por los CRC, luego mediante un puente grúa con cuchara pulpo se alimentará la tolva de conducto de alimentación de los residuos que dirige los residuos al trómel de clasificación por tamaño.

#### Foso de almacenamiento.

Se considera lo siguiente:

- La cantidad de residuo fermentable descargado en el foso de almacenamiento es de 357 m<sup>3</sup>/d.
- Las dimensiones del foso de almacenamiento se detallan en la Figura N° 20, siendo su volumen estimado de 720 m<sup>3</sup>, previendo futuras situaciones de interrupción en el funcionamiento de la IRM por más de 24 horas; además se considera la construcción de un foso de reserva con el mismo volumen. El material más adecuado para su construcción es el hormigón armado con enlucido superficial de gran resistencia a la corrosión y buena impermeabilidad.
- Los residuos se extraen del foso de almacenamiento utilizando el puente grúa con cuchara pulpo, para su transporte a la tolva de conducto de alimentación de residuos.

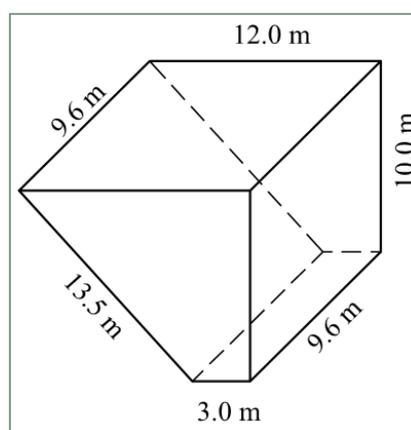


Figura N° 20 Diseño de foso de almacenamiento.  
Fuente: Elaboración propia.

### **Puente grúa con cuchara pulpo.**

El puente grúa es la instalación fundamental, que se emplea para trasladar los residuos del foso de almacenamiento a la tolva de conducto de alimentación de residuos, desplazándose sobre vigas paralelas. Tiene la función principal de proporcionar material de forma controlada a la tolva de conducto de alimentación de los residuos.

#### **Características de puente grúa:**

Capacidad	:	8000 kg
Tipo	:	grúa bipuente
Modelo	:	gancho simple
Material	:	34CrNiMo <sub>6</sub>
Longitud	:	15 m (considerando +1 foso de reserva)

#### **Características de cuchara pulpo:**

Volumen fracción fermentable	:	357 m <sup>3</sup> /día
Capacidad de cuchara	:	4 m <sup>3</sup>
Número de garras	:	6
Accionamiento	:	electrohidráulico
Peso de cuchara	:	2710 kg
Tiempo de cierre	:	12 s
Tiempo de apertura	:	7 s
Velocidad de elevación	:	7 m/min
Altura de elevación	:	12.5 m
Ciclo de carga y descarga	:	5 min (incluye tiempo muerto)
Numero de ciclos/hora	:	12

### **Tolva de conducto de alimentación de residuos.**

Se considera lo siguiente:

- La capacidad teórica de producción de la instalación es de 357 m<sup>3</sup>/d, con una producción horaria de 44.6 m<sup>3</sup>/h, considerando que el tiempo de funcionamiento de la instalación es de 8 horas.
- El volumen adecuado para la tolva de alimentación es de 1.5 veces la capacidad de producción de la instalación (m<sup>3</sup>/h), siendo el volumen de diseño de 67 m<sup>3</sup>/h. (Ver Figura N° 21). Construida en chapa de acero de espesor 5 mm con armazón y refuerzos.

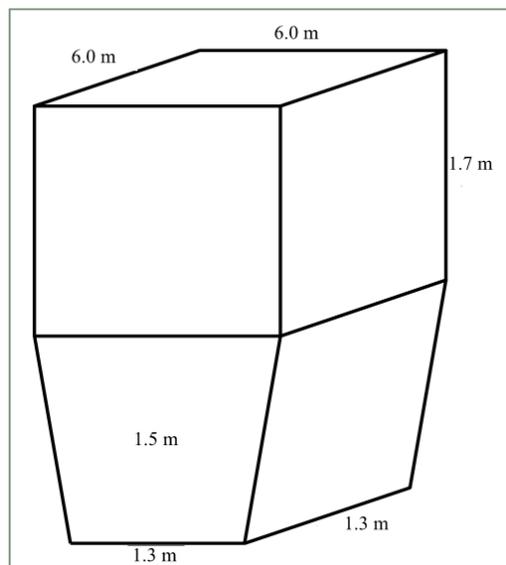


Figura N° 21 Tolva de alimentación de residuos.  
Fuente: Elaboración propia.

### Rotura de bolsas y clasificación por tamaño en criba tipo trómel de 80 mm.

Los residuos serán clasificados según su granulometría pasando a través de una criba tipo trómel de 80 mm de diámetro de malla de cribado en el que se produce la rotura de las bolsas mediante el accionar de cuchillas rompe bolsas (o pinchos rasgadores) sin triturar el contenido. Estas cuchillas están previstas en el trómel, de tal forma que se asegure la efectividad de rasgado o vaciado no inferior al 70 % de las bolsas cerradas de entrada; y el cribado de los residuos según su tamaño, formando parte del hundido del trómel aquellos residuos con diámetro inferior a 80 mm siendo esta mayormente materia orgánica, la cual es transportada hacia el sistema de separación de metales féreos y no féreos.

En cuanto a los residuos que no hayan atravesado la malla del cribado por ser de tamaño mayor a 80 mm, serán transportados mediante una cinta nervada a la zona de triaje manual de la instalación de recuperación de materiales (IRM).

A continuación se presentan las especificaciones del trómel, siendo calculados de igual manera que el trómel de la IRM.

Diámetro de trómel:

$$Tasa\ de\ carga = \frac{357 \frac{m^3}{día} * 0.2 \frac{t}{m^3}}{8 \frac{h}{día}} = 8.9 \frac{t}{h} + 15\% \text{ de } t. \text{ muerto} = 10.24 \frac{t}{h} = 2.8 \frac{kg}{s}$$

$$D_{teórico} = 1.6 \text{ m}$$

Angulo de inclinación: Para RSU  $\alpha=3^\circ$

Longitud de trómel: 10 m

Diámetro de criba: 80 mm.

Velocidad de rotación (VR en rev/s):

$VC = 30 \text{ rpm}; \quad VR = 0.5 * 30 \text{ rpm} = 15 \text{ rpm}$  Velocidad óptima de rotación del trómel.

#### **1. Recirculación del material recuperable del trómel a la IRM.**

La fracción gruesa (> 80 mm) producto de la clasificación por tamaño en el trómel (5.1 t/d), serán recirculados a la IRM, para su recuperación y posterior venta según su rentabilidad, o serán definidos parte de ellos como rechazo.

#### **Separación de metales férricos y no férricos.**

La fracción fina que se obtiene por el hundido del trómel, es dirigida al sistema de separación de metales mediante un separador magnético para los metales férricos, y luego el pase por un separador por corriente de Foucault para los metales no férricos, obteniendo una corriente de materia orgánica apta para su proceso de fermentación. Ambos procesos son similares a la etapa 6 y etapa 7 de la IRM para fracción resto.

Los metales férricos y no férricos que han sido separados del flujo, son almacenados en una tolva móvil, la cual se transporta hacia la zona de prensa contemplada en la IRM para ser comercializados. En el caso de la línea de materia orgánica, estos continúan su recorrido en una cinta transportadora sin fin hasta el área de trituración y mezclado como última etapa del pretratamiento.

#### **Zona de descarga y almacenamiento de residuos vegetales y estiércol.**

Uno de los factores que interviene en el proceso de compostaje es la relación de carbono – nitrógeno, nutrientes que favorecen un buen crecimiento y reproducción de los microorganismos. Una buena relación de ambos elementos para el desarrollo del compostaje debe estar entre 25-30; (Tchobanoglous & colaboradores, 1994) por lo que se considera necesario contar con material para lograr esta relación. De esta forma si la relación C/N es alta será necesario contar con restos vegetales y con una relación de C/N baja, se empleará estiércoles. Es por ello que se considera una plataforma cubierta con 02 zonas diferenciadas según sea la naturaleza del residuo (vegetal o estiércol) para su descarga y almacenamiento temporal. La zona de descarga de estiércoles dispone de una red de drenajes para recolectar los posibles lixiviados.

#### **6.7.3.2 Etapas del proceso de compostaje.**

##### **Zona de trituración y mezclado de residuos a compostar.**

Respecto a los materiales que iniciarán el proceso de fermentación, estos son de forma irregular (tamaño), por lo que se ha previsto el empleo de una máquina trituradora móvil (ver Figura N°

22) que consiga un tamaño de partícula de hasta 2.5-7.5 cm, según Seco & colaboradores, (2004). El material triturado permitirá la mayor eficacia de las reacciones bioquímicas en el proceso de compostaje.



Figura N° 22 Trituradora móvil de residuos a compostar.  
Fuente: <http://www.agrotterra.com>

En el caso de los residuos vegetales, estos son dispuestos en la máquina trituradora mediante una pala cargadora. Asimismo, esta máquina trituradora también es alimentada con la materia orgánica procedente de la separación de metales féreos y no féreos, para así homogeneizar el tamaño de todos los residuos a compostar, siendo luego transportados con la pala cargadora multiusos a las pilas destinadas para la etapa de fermentación.

### Área de fermentación.

#### a. Diseño del área de fermentación.

Para el diseño se ha realizado el balance de materia de los residuos orgánicos tanto de la IRM como de la Planta de compostaje, considerando el pase de los residuos por los diferentes procesos, tal como se detalla en la Tabla N° 30.

Balance de materia	t/d
Pretratamiento de compostaje	
Ingreso de residuos fermentables a la planta de compostaje	71.3
Trómel de 80 mm	
- Fracción gruesa de trómel (15 %) → a triaje manual en IRM	10.7
- Fracción fina de trómel (85%)	60.6
Separación de metal férreo y no férreo de hundido (4 %)	2.4
<i>Material que ingresa a proceso de compostaje</i>	58.2
Fracción de residuos fermentables de la IRM	
Ingreso de residuos resto a la IRM	25.3
Separación de voluminosos (7 %)	1.8
Residuos que ingresan a trómel de 80 mm	23.4
- Fracción gruesa de trómel (72.3 %)	16.9
- Fracción fina de trómel (27.7 %)	6.5
<i>Material que ingresa a proceso de compostaje</i>	6.5

<b>Ingreso total a proceso de compostaje</b>	<b>64.7 t/d</b>
--	-----------------

Tabla N° 30 Balance de materia de residuos compostables.  
Fuente: Elaboración propia.

Según Cólomer & Gallardo (2007), para iniciar el proceso de compostaje en RSU, de ser necesario, se debe mezclar y homogenizar el material en las siguientes fracciones: 65-75 % de la fracción orgánica sin impurezas y 25-35 % de la fracción vegetal triturada.

Según describen Tchobanoglous & colaboradores (1994), los residuos de comida (fracción fermentable para este caso) cuentan con 70 % de humedad; y para cumplir con el parámetro de humedad óptimo para iniciar el proceso de compostaje (50-60 %), se ha decidido emplear en la mezcla, residuos de jardín con 60 % de humedad y cascara de arroz con 8 % de humedad (Prada & Cortés, 2010)

En relación con el tiempo de fermentación, Tchobanoglous & colaboradores (1994) mencionan que es necesario un periodo de 4 a 5 semanas, para que la porción biodegradable de la fracción orgánica se descomponga por acción de los microorganismos. Para el diseño de las pilas y el área de fermentación, se ha empleado el periodo de 5 semanas (35 días). La Tabla N° 31 presenta las consideraciones para el diseño del área de fermentación.

Volumen total de residuos a compostar	
Fracción orgánica sin impurezas (70 %)	64.7 t/d
Residuos vegetales (30 %) para optimizar relación C/N y humedad.	
- Residuos de poda (10 %)	9.2 t/d
- Cascara de arroz (20 %)	18.5 t/d
Densidad de residuos en pila	0.5 t/m <sup>3</sup>
Volumen diario de residuos a compostar	184.8 ≈ 185 m <sup>3</sup> /d
Tiempo de fermentación	5 semanas
Volumen total de residuos a compostar en 5 semanas	6 475 ≈ 6 500 m <sup>3</sup>

Tabla N° 31 Consideraciones en el diseño del área de fermentación.  
Fuente: Elaboración propia.

A continuación en la Tabla N° 32, se presenta la humedad con la que cuenta la mezcla de residuos que ingresen a la fase de fermentación.

Tipo de residuo	Masa (t/d)	% humedad	Masa en base húmeda
Fracción orgánica (70 %)	64.7	70	45.3
Residuos de poda (10 %)	9.2	60	5.52
Cascara de arroz (20 %)	18.5	8	1.48
<b>TOTAL</b>	<b>92.4</b>	-	<b>52.3</b>

Tabla N° 32 Contenido de humedad en la mezcla.  
Fuente: Elaboración propia.

$Humedad\ en\ base\ húmeda = 52.3 * \frac{100}{92.4} = 56.6\ %$ , cumpliendo con el rango establecido para iniciar el proceso de compostaje (50-60%).

Seco & colaboradores (2004), describe que un sistema de compostaje de alto rendimiento emplea pilas con una sección transversal normalmente de 2 a 2.5 m de altura por 4 a 5 m de anchura. Asimismo, las dimensiones dependen del tipo de equipamiento a utilizar para voltear los residuos.

En este caso, en cumplimiento de los parámetros de control del proceso de compostaje, se emplea una maquina volteadora mecánica (ver Figura N° 23) para la correcta aireación y homogeneización de la mezcla. Los volteos se realizan dos veces por semana durante la fase de fermentación tiempo en el cual la porción biodegradable de la fracción orgánica se descompone por la acción de microorganismos que la utilizan como fuente de carbono, alterando la composición química de la materia orgánica prima, reduciendo su volumen y el peso de los residuos. La máquina volteadora presenta las siguientes especificaciones técnicas:

Ancho de maquinaria	: 5.5 m
Ancho de trabajo	: 4 m
Diámetro de rodillo	: 1.1 m
Altura de trabajo	: 2.5 m
Producción	: 400-1 000 m <sup>3</sup> /h
Sistema	: desmenuza, tritura, mezcla, oxigena.
Adaptabilidad	: riego automatizado para agua o inoculación.
Optimización de espacio	: permite giro de 360° sobre el propio eje de la máquina.



Figura N° 23 Maquinaria de volteo y riego.  
Fuente: <http://www.biometsa.es>

Con estas consideraciones, se define las dimensiones de las pilas de fermentación, cuya estructura corresponde a una pirámide tal como se muestra en la Figura N° 24, con un volumen de 400 m<sup>3</sup> para el manejo de los 6 500 m<sup>3</sup> de residuos en las 5 semanas que dura el proceso de fermentación.

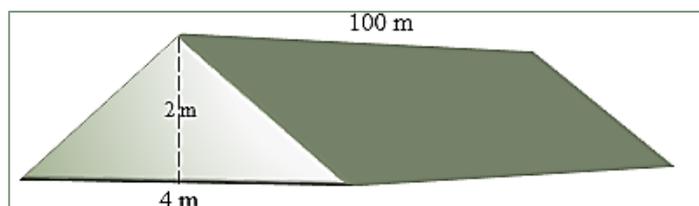


Figura N° 24 Diseño de pila de fermentación.  
Fuente: Elaboración propia.

Se ha previsto disponer de una superficie neta de 7 200 m<sup>2</sup>, considerando 18 pilas (17 pilas +1 de reserva); además del área necesaria para garantizar el movimiento de la volteadora, considerando

4 m de separación entre pilas y en los bordes, alcanza un total de 16 112 m<sup>2</sup>. El campo se encuentra techado y anexo a la zona de trituración, formado por una superficie lisa de suelo cemento con una inclinación<sup>34</sup> mayor al 1 % para favorecer la recogida de los lixiviados apoyado de cunetas perimetrales internas en cada pila, y una cuneta externa perimetral para prevenir reboses en las cunetas internas por alguna obstrucción. Además se ha previsto el control de aguas pluviales mediante una cuneta perimetral, conectado a un tanque de almacenamiento para agua de riego, tal y como se detalla en el Plano N°08 .

### Área de afino del compost.

Concluidas las 5 semanas de la fase de fermentación de los 185 m<sup>3</sup>/d de residuos, su volumen disminuye a 111 m<sup>3</sup>, debido a que el 40 % de la mezcla inicial ha sido degradado<sup>35</sup>, siendo trasladados mediante pala cargadora a la zona de afino, donde por medio de separación por densimetría (ver Figura N° 25) se realiza la recuperación de fracción ligera (compost) que es destinada a la zona de maduración mediante pala cargadora; y fracción pesada (rechazo) conformada por trozos de plástico, cuerdas, piedras, etc. depositados sobre contenedor abierto que se unen con el rechazo precedente de la IRM para su disposición en forma de balas en el relleno sanitario.

Según (Huerta, López, Soliva, & Zaloña, 2008) el porcentaje de rechazo generado es de 10 a 20 % del material que ingresa a afino. En la Tabla N° 33 se presenta las consideraciones tomadas en cuenta para el balance de materia de la etapa de afino.

Residuos que ingresan a etapa de fermentación	185 m <sup>3</sup> /d
Residuos biodegradados (40 %)	74 m <sup>3</sup>
Residuos que ingresan a etapa de afino	111 m <sup>3</sup>
Material pesado o rechazo de afino (20 %)	22 m <sup>3</sup>
Material ligero que ingresa a etapa de maduración	89 m <sup>3</sup>

Tabla N° 33 Balance de materia en afino del compost.  
Fuente: Elaboración propia.

El separador densimétrico trabaja con un lecho fluidificado; el aire es forzado a través de la cubierta haciendo flotar las fracciones ligeras por encima de las fracciones pesadas. Para optimizar el rendimiento se puede variar la velocidad de movimiento del tablero, el ángulo de inclinación del mismo y el caudal de los ventiladores.

---

<sup>34</sup> (Seco & colaboradores, 2004)

<sup>35</sup> Parámetro obtenido de apuntes del curso de gestión y tratamiento de residuos 2015-2016, UPV.

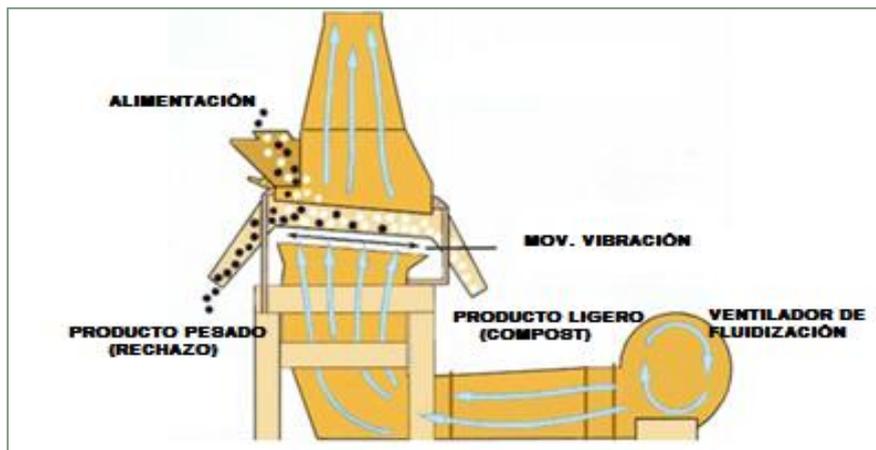


Figura N° 25 Separador densimétrico.  
Fuente: <http://www.biometsa.es>

- Media densimétrica seleccionada:

Área	: 0,91 m <sup>2</sup>
Ancho	: 0,7 m
Capacidad	: 10 t/h
Tamaño de partícula	: 0-40 mm

### Área de maduración.

La fase de maduración corresponde a una fermentación secundaria, muy lenta durante la cual una vez que se ha agotado la materia fácilmente fermentable, la actividad bacteriana disminuye lentamente, la temperatura desciende hasta los 40 °C, así como un menor consumo de oxígeno y menores problemas de olores (Seco & colaboradores, 2004). Durante esta fase se produce la degradación de los compuestos orgánicos más refractarios y la humificación, transformándose algunos compuestos orgánicos en coloides húmicos, alcanzando la relación adecuada de C/N = 20. Para llevar a cabo esta etapa, se dirige la fracción ligera producto del separador densimétrico (89 m<sup>3</sup>) a las pilas del área de maduración. Si bien en esta etapa no se requieren volteos ni aireación forzada, las pilas en maduración deben ser de poca altura para permitir un adecuado intercambio de aire en su interior (Negro, y otros, 2000). Como mencionan Tchobanoglous & colaboradores (1994), la etapa de maduración comprende un periodo de 2 a 8 semanas. Para el diseño del área de maduración, se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones, mostradas en la Tabla N° 34 .

Residuos que ingresan a etapa de maduración	89 m <sup>3</sup>
Periodo de maduración	6 semanas
Compost total a madurar	3 738 m <sup>3</sup>
Volumen de pilas (4 m de base, 1.5 m de altura, 100 m de longitud)	300 m <sup>3</sup>
Número de pilas	12 + 2 reserva

Tabla N° 34 Consideraciones en el diseño del área de maduración.  
Fuente: Elaboración propia.

Esta área se sitúa a continuación del área de fermentación, compartiendo un pasillo de separación entre ambas. La superficie neta considerada es de 4 200 m<sup>2</sup> (14 pilas de 300 m<sup>3</sup>), además de la necesaria para garantizar el control y manipulación, alcanzando una superficie total de 10 868 m<sup>2</sup>, considerando 3 m de separación entre pilas y también en los bordes. Cuenta con superficie lisa de suelo de cemento con una inclinación mayor al 1 % para favorecer la recogida de los lixiviados apoyado de una cuneta perimetral conectada a la balsa de lixiviados que se contempla en el campo de fermentación. Además se ha previsto el control de aguas pluviales mediante una cuneta perimetral, conectado al tanque de almacenamiento de la etapa de fermentación. Estas consideraciones se presentan en el Plano N°09 .

### Almacén y expedición.

Según (Negro, y otros, 2000) y (Silva, 2012), las pérdidas del proceso de compostaje se sitúan próximas al 50 % tanto en peso como en volumen del material inicial. Habiéndose obtenido para este caso:

Residuos que ingresan a etapa de maduración	89 m <sup>3</sup>
Degradación de material (15 %)	13 m <sup>3</sup>
Compost producto	76 m <sup>3</sup>

Se obtiene 75 m<sup>3</sup> como compost producto, representando el 41 % del material inicial (185 m<sup>3</sup>). El producto es transportado mediante pala cargadora hacia la zona de almacén bajo techo que se encuentra adecuadamente pavimentada para soportar el tránsito y operación de vehículos pesados de carga y transporte.

Dado que el uso y la venta de compost son generalmente estacionales, con picos en determinadas épocas, como en primavera y otoño, es necesario almacenar el producto durante periodos comprendidos entre los tres y seis meses. Los compost acabados que se han dejado madurar adecuadamente, todavía tienen, aunque baja, cierta actividad microbiana, por lo que se deben evitar, en lo posible, condiciones que aumenten el riesgo de crear condiciones anaerobias. Es por ello que la altura de las pilas de almacenamiento no debe superar los 4 metros, ya que a medida que aumenta la altura, se incrementa el riesgo de que pueda tener lugar una combustión espontánea. En caso de que las pilas estén húmedas o desarrollen anaerobiosis, se pueden utilizar las medidas recomendadas para las pilas que están en maduración.

En general, una práctica segura es desmontar las pilas grandes y hacer varias de menor tamaño unas semanas antes de su utilización o venta.

El compost empaquetado es más caro que el compost a granel y además es más atractivo para posibles clientes. Si las bolsas son pequeñas no se necesita un equipo especial, es suficiente un embudo, para facilitar su llenado a mano y un sellador. Si el compost se va a empaquetar en bolsas de plástico su contenido en humedad ha de ser como máximo del 35% ya que de lo contrario,

seguirá descomponiéndose y fermentará. Para este caso, en particular, no se considera el empaquetado de compost.

## 6.8 BALANCE GENERAL DE MATERIA.

En la Tabla N° 35 y Tabla N° 36, se presenta el balance de materia en las instalaciones de la planta de tratamiento, tanto para la IRM, como para la Planta de compostaje respectivamente; siendo necesaria esta información para la determinación de la cantidad de residuos que serán dispuestos finalmente en el relleno sanitario (Tabla N° 37).

INSTALACIÓN DE RECUPERACIÓN DE MATERIALES - IRM	t/d
Ingreso a IRM	25.3
Separación de voluminosos (7 %)	1.8
Recuperación (50 %)	0.9
Trómel con rompe bolsas	
Entrada	23.4
Hundido (fracción fina 27.7 %) → planta de compostaje <sup>36</sup>	6.5
Resto (fracción gruesa 93.3 %) que ingresa a triaje manual	16.9
Triaje manual	
Recuperación de ligeros (film, bolsas, tiras de papel)	2.9
Recuperación de papel, cartón, PET, PEAD, tetrabrik	6.7
Resto	7.3
Separación magnética	
Recuperación de metal férreo	2.6
Salida	4.7
Corriente de foucault; eficiencia	
Recuperación de metal no férreo	2.1
Rechazo	2.6
<b>Recuperación total de materiales resto → prensado → almacén y expedición</b>	<b>15.2 t/d</b>
<b>Recuperación de fracción fina → planta de compostaje</b>	<b>6.5 t/d</b>
<b>Rechazo total (rechazo + voluminosos no recuperables) → relleno sanitario</b>	<b>3.5 t/d</b>
<b>Eficiencia de recuperación</b>	<b>86 %</b>

Tabla N° 35 Balance de materia de IRM.  
Fuente: Elaboración propia.

<sup>36</sup> Fracción fina que pasa directamente a la etapa de trituración -mezcla en la planta de compostaje, previa evaluación de contenido de metales férreos y no férreos

PLANTA DE COMPOSTAJE		
<b>1.- Pretratamiento</b>		
Trómel con rompe bolsas		
Ingreso	71.3	t/d
Resto (fracción gruesa 15%) → <i>triaje manual de IRM</i>	10.7	t/d
Hundido (fracción fina 85%)	60.6	t/d
Separación de metales férricos y no férricos de fracción fina		
Recuperación (4%) → <i>a prensado en IRM</i>	2.4	t/d
<b>2.- Compostaje</b>		
Trituración y mezcla		
Entrada		
Material orgánico	58.2	t/d
Fracción fina de trómel de IRM	6.5	t/d
Residuos vegetales para mezcla	27.7	t/d
Fermentación		
Entrada	92.4	t/d
Material biodegradable en 5 semanas (40 %)	37.0	t
Afino con separación densimétrica		
Entrada	55.4	t
Material grueso (20 %) → <i>relleno sanitario</i>	11.0	t
Maduración		
Entrada	44.4	t
Material biodegradable en 6 semanas (15 %)	6.7	t
<b>Compost producto</b> → <i>almacén</i>	37.7	t
<b>Rechazo</b> (material grueso de afino) → <i>relleno sanitario</i>	11.0	t

Tabla N° 36 Balance de materia de Planta de compostaje.  
Fuente: Elaboración propia.

<b>Rechazo total a relleno sanitario</b>	
IRM	3.5 t/d
25 % de fracción gruesa de trómel de planta de compostaje	2.7 t/d
Después de 5 semanas (35 días), rechazo de afino de Planta de compostaje	11.0 t/d

Tabla N° 37 Rechazo a disposición final en relleno sanitario.  
Fuente: Elaboración propia.

Respecto a la Tabla N° 37, cabe señalar que, diariamente se produce 6.1 t de rechazo y a partir de los 35 días, la producción se incrementa 11 t/d más, por lo que para el diseño del relleno sanitario se empleará como dato base una generación de rechazo de 17 t/d.

## 6.9 TECNOLOGÍAS COMPLEMENTARIAS EN EL TRATAMIENTO DE LOS RSU.

El tratamiento de los RSU, tanto para su aprovechamiento y/o eliminación, genera sub productos al momento de manipular los residuos, como es el caso de gases de descomposición y lixiviados, para lo cual es necesario contemplar un conjunto de actividades enmarcadas con denominación de “*tecnologías complementarias*”.

### 6.9.1 Control de olores.

El control del olor es una de las principales preocupaciones en la gestión de las instalaciones de tratamientos de residuos, especialmente si se ubican cerca de áreas residenciales.

El método más utilizado para el control de olores es la instalación de un biofiltro. La biofiltración se define como todo proceso biológico utilizado para el control o tratamiento de compuestos volátiles orgánicos e inorgánicos presentes en la fase gaseosa. En la biofiltración, los microorganismos son los responsables de la degradación biológica de los contaminantes volátiles contenidos en corrientes de aire residual. Durante el proceso, de biofiltración, el aire contaminado pasa a través de los macroporos del material filtrante que sirve de soporte a bacterias en crecimiento. La degradación de los contaminantes ocurre previa transferencia del aire a un medio líquido en donde es utilizado como fuente de carbono y energía (compuestos orgánicos) o como fuente de energía (compuestos inorgánicos). La utilización implica producción de biomasa y la oxidación parcial o total del contaminante. A su vez, la biomasa, bajo ciertas condiciones sufre una oxidación por respiración endógena. De esta manera, los procesos de biofiltración dan lugar a una descomposición completa de los contaminantes, creando productos no peligrosos.

En definitiva se decide emplear el sistema de biofiltro de lecho fijo (en adelante BLF, ver Figura N° 26), el cual consta de un lecho empacado que se conoce como material filtrante y que puede ser sintético u orgánico, que sirve como soporte para los microorganismos y en el caso de los orgánicos como fuente de nutrientes para el crecimiento microbiano. Ejemplos de materiales filtrantes utilizados en este tipo de filtros son rocas porosas, tierra de diatomeas, perlita, tierra, trozos de maderas, diferentes tipos de compostas, residuos orgánicos tales como cáscaras de cacahuate, de arroz o de coco, cortezas de pino, fibra de caña de azúcar, entre otros. El principio del BLF consiste en hacer pasar la corriente gaseosa saturada de humedad que contiene al contaminante a través del lecho en donde los contaminantes son degradados por los microorganismos. Una característica importante de los BLF es la ausencia de la fase acuosa móvil que los hace convenientes para tratar contaminantes muy poco solubles en agua. Es importante mencionar que la huella física de los BLF es mayor con respecto a los otros tipos de biofiltros.

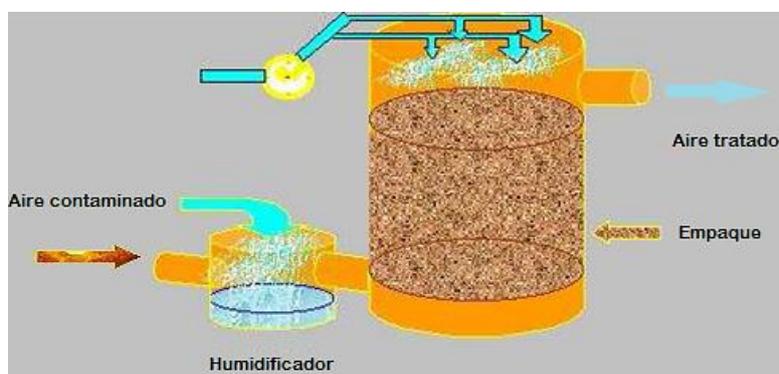


Figura N° 26 Biofiltro de lecho fijo-BLF.  
Fuente: <http://www.estrucplan.com.ar>

Bajo este contexto, se decide aplicar el sistema de control de olores en ambas instalaciones, contemplando la construcción en naves cerradas con captación de aire en depresión para las etapas que se nombran a continuación:

- En IRM: descarga, voluminosos, rotura de bolsas y clasificación por tamaño, triaje manual.
- En planta de compostaje: descarga, rotura de bolsas y clasificación por tamaño.

### **6.9.2 Control de lixiviados.**

El lixiviado se define como el líquido que se filtra a través de los residuos sólidos producto de la descomposición de los compuestos biodegradables. La cantidad potencial de lixiviado es la cantidad de agua en exceso sobre la capacidad de retención del material.

Para la recogida de los lixiviados, en la planta de compostaje se ha definido acciones que se resumen a continuación:

- **Área de almacenamiento de residuos vegetales y estiércol.**
  - Cobertura de la superficie, y en el caso del almacenamiento de estiércol, se considera la recogida de lixiviados, mediante una cuneta perimetral con una base inclinada en 2 %. Dichos lixiviados se almacenan en un tanque para luego ser transportados junto con los lixiviados de las áreas de fermentación y maduración.
- **Área de fermentación.**
  - Cobertura mediante techado y cuneta perimetral para evitar que el agua de escorrentía penetre en el área y genere más filtraciones que las esperadas.
  - Conducción por gravedad de lixiviados, mediante cuneta perimetral por cada pila para el drenaje de los lixiviados generados, asimismo se prevé la instalación de una cuneta perimetral externa como medida de prevención ante posibles obstrucciones, evitando problemas de contaminación. Esta red es conducida hacia una balsa de polietileno: balsa de lixiviados (situada en el punto más bajo de la conducción de lixiviados), donde queda almacenado para su posterior reciclado en el riego de las pilas en las que se distribuye el compost. En caso de requerir tratamiento para poder ser vertidos al cauce, será necesario su traslado mediante un equipo móvil (camión cuba) a la depuradora municipal de aguas residuales.
  - Cuneta de agua pluvial, prevista para evitar se generen más lixiviados de los esperados. Dicha agua será almacenada para ser usada en el riego de las pilas de compostaje. Para casos de rebose se prevé su aliviadero que la conduce hacia el cauce de la quebrada sin nombre que se ubica en la zona del proyecto.

- **Área de maduración.**

- Se contemplan las mismas acciones del área de fermentación, a excepción de la cuneta perimetral de lixiviados por cada pila de compostaje.

En lo posible estas áreas deben situarse en los puntos topográficos más altos del terreno. Nunca se ubicarán en depresiones del mismo. Es necesario que presenten un declive superior al 1 % hacia las cotas menores del predio, de esta forma es posible evacuar las aguas pluviales y coleccionar los líquidos lixiviados que se generan durante el proceso.

## **6.10 OBRAS COMPLEMENTARIAS.**

### **6.10.1 Vía de acceso exterior.**

El acceso directo al proyecto es por la trocha carrozable existente (no tiene un nombre conocido), la misma que será habilitada con emulsión asfáltica o afirmado, considerando que por esta circularán vehículos pesados, como los camiones recolectores compactadores, camiones de comercialización de materiales.

### **6.10.2 Vía de acceso interior.**

Existirán vías al interior de la infraestructura, construidas con afirmado y guardando las características normadas para tránsito pesado; por la superficie de rodamiento de los vehículos que llegará a la infraestructura, se recomienda darle mantenimiento. Las vías serán de uso permanente por ello se considera colocar escurrimiento para las aguas de lluvia mediante cunetas paralelas conectadas al sistema de escurrimiento. Esta previsión asegurará la transitabilidad ante cualquier condición climática desfavorable o de intensas precipitaciones (fenómeno del Niño).

### **6.10.3 Áreas administrativas.**

La Planta de tratamiento de los RSU, comprendida por la Instalación de recuperación de materiales, y la Planta de compostaje; contará con las siguientes áreas:

- **Caseta de vigilancia y control:** A fin de mantener custodiada la infraestructura. Constituirá el punto de control para el ingreso de personal y vehículos a la infraestructura.
- **Caseta de registro y pesaje:** Se construirá con el propósito de registrar la cantidad de residuos que ingresan a la infraestructura, estableciendo un control.
- **Áreas administrativas:** En dicho espacio se realizarán labores de coordinación entre el personal que laborará en el recinto y supervisores, allí estarán los materiales de oficina que permitirán llevar un registro de los residuos que ingresan, la tipología, cronogramas de actividades, etc., el ambiente ha sido considerado para la realización de cualquier labor que conlleve a la mejora continua del tratamiento de los residuos sólidos.

- **Depósito y almacén de herramientas:** Se construirá con el propósito de guardar aquellas herramientas utilizadas durante las labores diarias de operación al interior de la infraestructura, y aquellas que se vayan adquiriendo.

#### **6.10.4 Instalaciones sanitarias.**

Se construirá un espacio destinado para servicios higiénicos. El abastecimiento de agua será por tubería conectada a un tanque elevado construido que se debe llenar según consumo, se ha previsto captar el agua desde el centro poblado Mochenta.

#### **6.10.5 Cerco perimetral y cerco vivo.**

Se instalará un cerco prefabricado para delimitar el terreno del proyecto, evitándose el libre desplazamiento, de tal manera que el ingreso y salida de los vehículos y personas autorizadas sea solo por la entrada principal.

El cerco vivo se implantará con el fin de contar con un aislamiento visual de la instalación de los residuos sólidos. Estará conformado con árboles nativos de rápido crecimiento. Además el cerco vivo brindará una apariencia estética al contorno del terreno.

La selección de especies se ha realizado en función de las siguientes consideraciones:

- Por caracterización ecológica del área de trabajo: Monte muy seco.
- Objetivo: Delimitación, integración de la obra al paisaje, protección. Uso de especies que permitan darle forma, tamaño y espesor adecuado. No menos interesante el control de olores y clima (transporte olores, viento).
- Por la disponibilidad de los plántones: viveros comunales donde se pueden producir con mano de obra de la zona. Frecuencia y forma de riego: Las especies recomendadas deben ser regadas de manera manual o por riego tecnificado por goteo, es recomendable hacerlo cuatro veces a la semana (en los dos primeros meses) y después regar dos veces a la semana hasta que se logre la implantación en forma adecuada. Durante estos meses se está preparando poco a poco al plánton a las condiciones de campo definitivo. A partir de allí en adelante se riega una vez cada 15 días. Se recomienda riegos nocturnos o a primera hora de la mañana.

## CAPÍTULO 7: DISPOSICIÓN FINAL DE RECHAZO A VERTEDERO CONTROLADO/ RELLENO SANITARIO

La eliminación de los RSU en un vertedero controlado se efectúa vertiéndolos bien sobre el terreno bien sobre una zanja o depresión. A continuación se compactan hasta alcanzar el menor volumen posible y finalmente se cubren con tierra u otro material inerte apisonando el conjunto. (Seco & colaboradores, 2004).

Un vertedero controlado es fundamentalmente una obra de ingeniería con un diseño adecuado, que precisa de una impermeabilización correcta, acorde con el terreno donde se ubica, de conducciones para los lixiviados y los gases producidos en la descomposición de los residuos, los cuales deberán estar correctamente colocados y cubiertos con los materiales adecuados. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en un área lo menor posible, reduciendo su volumen al mínimo practicable, para cubrir los materiales así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria.

Por lo tanto, el vertedero siempre es el último eslabón para todos los sistemas de tratamiento, ya que, incluso con la implantación de las técnicas de minimización de producción de residuos, de reciclaje y de transformación de los mismos, la evacuación de los residuos en vertederos controlados sigue siendo un elemento importante en el sistema de gestión de residuos. (Soto Fuster, 2014).

Bajo este contexto, como última etapa, los residuos rechazo de la valorización aplicada en los procesos de la instalación de recuperación de materiales y la planta de compostaje, estos son dispuestos en el vertedero controlado de acuerdo a la normativa de manejo de RSU, en donde se cumple el objetivo de haber aplicado un proceso de valorización y separación; y como opción final su envía a vertedero. Dicho rechazo está compuesto por residuos de bajo potencial de reaprovechamiento.

Con respecto a las actividades para habilitar el vertedero se necesitará realizar lo siguiente: movimiento masivo de tierras, nivelación y acabados en base y taludes, riego y compactación, instalación y confinamiento de revestimiento inferior y lateral, colocación de cubierta final, construcción del drenaje vertical para gases, construcción del drenaje para lixiviados, construcción de canal pluvial, construcción de la poza para almacenamiento de lixiviados.

Cabe recalcar que el vertedero, periódicamente habilitará celdas para la admisión y disposición final de residuos de centros de atención de salud (y algunos tipos de residuos industriales compatibles entre sí), contando con cuidados en la manipulación, previa coordinación y autorización de la Dirección Regional de Salud.

## 7.1 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO SELECCIONADO.

El Estudio de selección de sitio del relleno sanitario para la ciudad de Jaén, realizado en octubre del año 2012, describe las características del terreno seleccionado. A continuación se presentan las características más relevantes del estudio.

### 7.1.1 Compatibilización con el uso de suelo y planes de expansión urbana.

Concordante con la legislación vigente, la ubicación de la infraestructura de disposición final de residuos sólidos, está acorde a la proyección del crecimiento de la población, también es compatible con el uso de suelos, estas precisiones están contempladas en el plan de desarrollo urbano distrital o el plan de acondicionamiento territorial de los Gobiernos Provinciales, en ese sentido las áreas propuestas corresponde a suelos eriazos, con escasas condiciones para realizar otras actividades como agrícolas y pecuarias, además estas áreas de terreno se localizan en lugares alejados a futuros asentamientos urbanos.

### 7.1.2 Topografía del terreno.

El terreno se ubica entre la cota 690 y 760 m.s.n.m., haciendo un promedio de 725 m.s.n.m. (como referencia la Plaza de Armas de la provincia de Jaén se encuentra a 729 m.s.n.m.). El área del proyecto presenta una topografía plana a moderada (ver Plano N°010 ).



Figura N° 27 Vista del área de disposición final.

Fuente: Estudio de selección de sitio del relleno sanitario para la ciudad de Jaén -2012.

### 7.1.3 Estratigrafía.

Se analizaron las características geotécnicas más particulares del suelo y subsuelo donde se erigirá el proyecto a través del análisis de sus componentes en tres calicatas (ver Tabla N° 38) convenientemente distribuidas en el área, habiendo alcanzado hasta 6 m de profundidad, con la obtención de muestras representativas para ser ensayadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Calicata	Profundidad (m)	Dirección	Coordenadas de ubicación (PSDA'56)
C-1	3.00	Vertical	746 193 E / 9 356 720 N
C-2	4.20	Vertical	746 272 E / 9 356 889 N
C-3	6.00	Vertical	746 135 E / 9 356 664 N

Tabla N° 38 Calicatas Exploratorias de la zona para la disposición final de residuos sólidos.

Fuente: Estudio de selección de sitio del relleno sanitario para la ciudad de Jaén -2012

En base a los resultados de las investigaciones geognósticas en cada calicata (ver Tabla N° 39), se ha elaborado el siguiente perfil estratigráfico:

- Superficialmente se localiza un horizonte conformado por un suelo arcillo-arenoso a arcillo-limoso gris oscuro a gris claro, seco, poco cohesivo de baja plasticidad, que engloba algunos fragmentos redondeados aislados de hasta 0.60 m de espesor. El espesor de este horizonte varía entre 0.50 a 1.40 m, debajo del cual, encontramos un segundo horizonte conformado por un suelo gravoso en matriz arenosa de grano fino a limosa, color gris claro a marrón, seco, poroso y permeable, medianamente compacto, los fragmentos son de naturaleza intrusiva a volcánica, redondeados. El porcentaje de la matriz varía entre 60 a 40% y el de los fragmentos se encuentra entre 40 a 60 % y se incrementa en profundidad.
- Asimismo la cimentación de cualquier estructura se efectuará directamente sobre el segundo horizonte encontrado en el presente estudio, debajo del 1.20 m de profundidad como mínimo.

Calicata	Tipo de depósito	Relieve	Pendiente Dominante	Material Madre	Vegetación	Horizonte	Prof. (m)	Descripción
1	fluvio-aluvial	Suave	2- 3 %	Rocas sedimentarias (Formación Miramar)	Herbácea y arbustiva	1	0 – 1.40	Suelo Areno-arcilloso a arenoso gris oscuro a claro, ligeramente plástico, seco, poco cohesivo. Fácilmente excavable. Qu = 1 kg/cm <sup>2</sup>
						2	1.40 – 2.00	Suelo gravoso en matriz areno-arcillosa, marrón claro, seco; las gravas y cantos redondeados de naturaleza intrusiva y volcánica, en profundidad su excavación se hace más difícil. % de fragmentos: 40 – 60 y % matriz: 60 a 40 En profundidad el porcentaje de fragmentos se incrementa, tamaño de los cantos llega hasta 0.50 m. de diámetro.
2	fluvio-aluvial	Suave	2- 3 %	Rocas sedimentarias (Formación Miramar)	Herbácea y arbustiva	1	0.00-0.50	Suelo areno limoso color marrón oscuro, con restos de raíces, cohesivo, baja plasticidad, seco.
						2	0.50 – 2.00	Suelo gravoso en matriz arenosa pobremente gradada a arena limosa color gris, seco a ligeramente húmedo en profundidad, mediana compacidad, en profundidad la excavación se hace más difícil. Los fragmentos redondeados de naturaleza intrusiva y volcánica, con cuarcitas. Porcentaje de fragmentos: 70 – 80 %. Porcentaje de matriz: 30 – 20 % (fragmentos menores a 0.20 m en 70 a 80 %) Qu > a 4 kg/cm <sup>2</sup> .
3	fluvio-aluvial	Suave	3%	Rocas sedimentarias (Formación Miramar)	Herbácea y arbustiva	1	0.00 – 0.95	Suelo Areno-arcilloso a arenoso gris oscuro a claro, ligeramente plástico, seco, poco cohesivo. Fácilmente excavable. Qu = 1 kg/cm <sup>2</sup>
						2	0.95 – 2.00	Arena de grano fino bien gradada a arena limosa de grano fino a medio, suelta, porosa y permeable, seca, engloba fragmentos redondeados heterométricos (de 0.20 a 0.80 m de diámetro). % de fragmentos: 30 a 40 % y de finos 70 a 60 %. Buen material para construcción. Qu = 1 kg/cm <sup>2</sup> .

Tabla N° 39 Resultados de las investigaciones geognósticas.

Fuente: Estudio de selección de sitio del relleno sanitario para la ciudad de Jaén -2012

#### 7.1.4 Geofísica.

Para determinar las características del subsuelo, se empleó el Método indirecto de “*prospección geofísica de resistividad eléctrica - sondajes eléctricos verticales – SEV*”, cuya ubicación se detalla en la Tabla N° 40. Con ello se ha podido identificar la existencia de filtraciones de agua en profundidad y/o ubicar la existencia de alguna capa freática en el área del proyecto, y determinar e identificar los límites de las interfases de los diferentes horizontes verticales.

SEV	Coordenada UTM, Zona 18S – Psam56	
	Este (X)	Norte (Y)
SEV-01	746 099	9 356 642
SEV-02	746 221	9 356 769
SEV-03	746 279	9 356 883

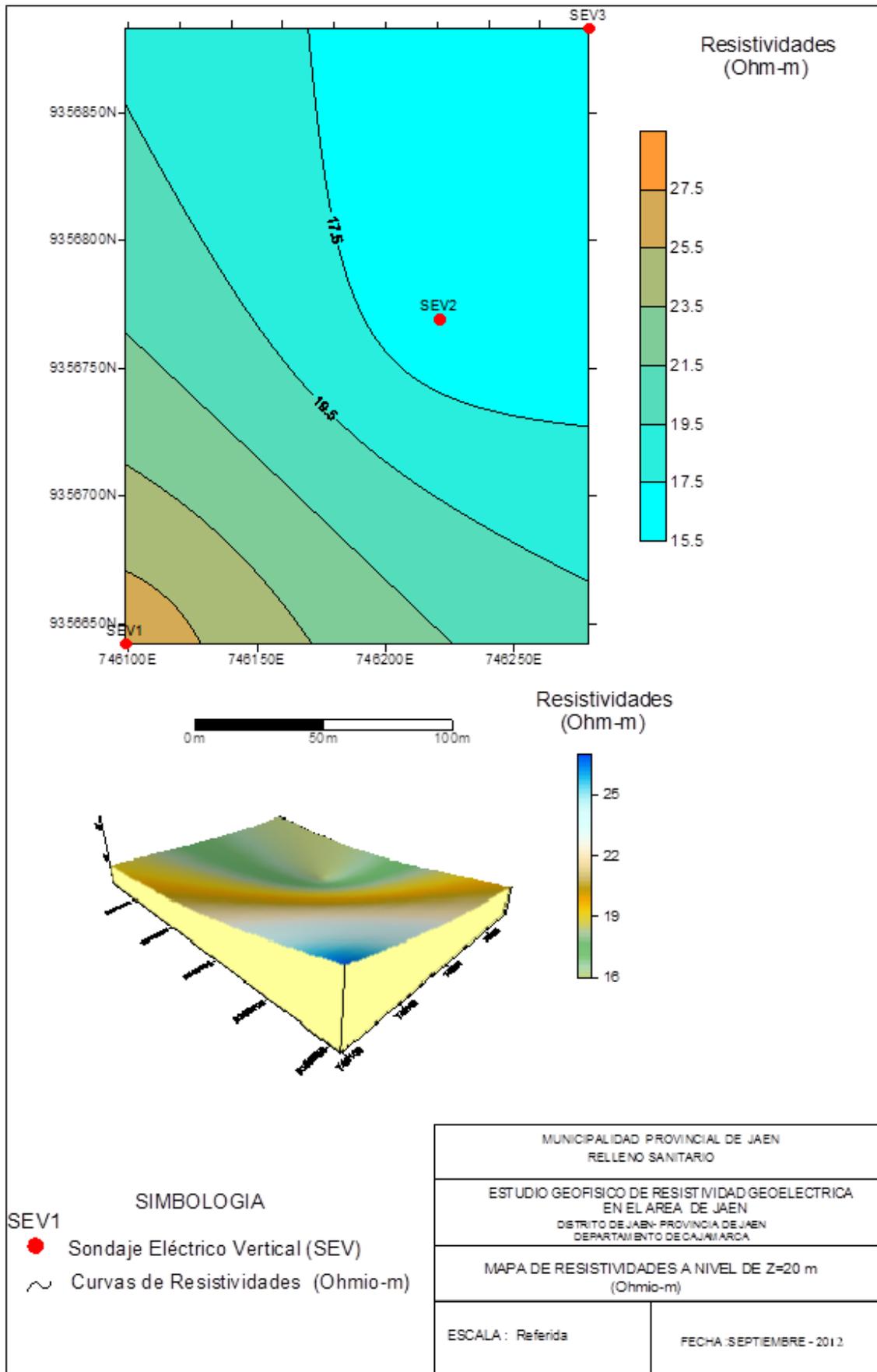
Tabla N° 40 Ubicación de SEV.

Fuente: Estudio de selección de sitio del relleno sanitario para la ciudad de Jaén -2012.

Los resultados obtenidos, permitieron la determinación de las siguientes capas, siendo su interpretación:

- a. **Capa superior:** Constituida por dos subcapas, la primera de material superficial cuaternario suelo limo arcilloso con gravas entre 87 Ohm-m a 468 Ohm-m, con espesores entre 1 m (SEV-01) a 4.2 m (SEV-02); y la segunda subcapa lo constituye el material superficial de tipo arena limoso, con gravas y conglomerados poco húmedos con resistividades del orden de los 56 Ohm-m (SEV-02). y espesor de 1 m.
- b. **Capa intermedia:** Constituido por tres subcapas, la primera lo conforma material limo arcilloso con gravas y cierto grado de humedad, con resistividades del orden de los 37 Ohm-m y espesores entre 2.4 m (SEV-01) a 13.5 m (SEV-02); la segunda subcapa lo conforma el material aislado de conglomerados con arenas y limos poco húmedos con resistividades del orden de los 79 Ohm-m y espesores de 0.8 m; y la tercera subcapa lo conforma el material de conglomerados gravoso en matriz arena limoso con mayor grado de humedad con resistividades entre 16 Ohm-m a 27 Ohm-m y espesores entre 13.5 m (SEV-03) a 33.9 m (SEV-01).
- c. **Capa inferior:** Conformada por el material más compacto poco húmedo (conglomerados con arenas y arcilla), con resistividades de 43 Ohm-m (SEV-02) a 62 Ohm-m (SEV-01).

Asimismo, se ha determinado el mapeo de resistividad del suelo a nivel de profundidad de 20 m. El mapeo muestra que los valores más altos mayores a 25 Ohm-m, se ubican al suroeste del área de estudio en el SEV-01 y corresponden a material conglomerado con material fino; mientras que los valores mínimos se registran al noreste en los SEV-02 y SEV-03, y corresponden a conglomerados con mayor contenido de finos.



### **7.1.5 Hidrogeología.**

Del análisis e interpretación del sondaje eléctrico vertical, no se ha determinado ningún acuífero existente en la zona estudiada hasta la profundidad investigada de 50 m, aproximadamente; donde se ha localizado un material conglomeradito con limos y arcillas. Por las características hidráulicas de los materiales aluviales existentes en el área, demostrado con una prueba de infiltración arrojan una permeabilidad de  $1 \times 10^{-2}$  a  $1 \times 10^{-3}$  cm/s, indicadores de que esta varía de buena a media; y de existir buenas condiciones de alimentación y recarga la existencia de un acuífero superficial libre podría ser posible.

### **7.1.6 Permeabilidad.**

Por las características hidráulicas de los materiales aluviales existentes en el área, demostrado con una prueba de infiltración arrojan una permeabilidad entre  $1 \times 10^{-2}$  a  $1 \times 10^{-3}$  cm/s, indicadores que corresponden a un grado de permeabilidad bueno a medio. Siendo en este caso, no favorable para la protección del suelo y agua subterránea.

### **7.1.7 Material de recubrimiento.**

Seco & colaboradores (2004), sostiene que este factor es importante desde el punto de vista de la planificación de la explotación, especialmente por su importante peso en los costos asociados a ella. La situación ideal se da cuando el propio terreno del vertedero es de la calidad suficiente y existe en la cantidad suficiente para cubrir toda la vida útil prevista del vertedero. El material ideal desde el punto de vista de la calidad son las margas arenosas, con piedras de tamaño máximo inferior a 15 cm, debido a que este es el espesor mínimo de las capas de material de recubrimiento.

El material utilizado para el recubrimiento, que puede ser tierra excavada “in situ” ocupa un espacio que hay que considerar. La relación mínima entre volumen de residuos ya compactados y material de recubrimiento antes de excavar es de 4/1. Esto no quiere decir que el 20 % del espacio útil esté ocupado por el material de recubrimiento, puesto que aproximadamente el 75 % de él se introduce entre los residuos ya compactados, con lo que el espacio realmente ocupado sólo alcanza un 5 %.

La zona de estudio, cuenta con material apropiado para ser empleado como material de cobertura; este puede ser extraído tanto de las trincheras a excavar como del lecho de la quebrada principal (separando los fragmentos de mayor tamaño).

El material disponible es gravo arenoso, a arenosos con presencia de limos en menor proporción. Para las etapas de habilitación y explotación, puede utilizarse material del mismo terreno dada las buenas características geomecánicas que presentan y su fácil movimiento con empleo de maquinaria pesada.

## 7.2 GENERALIDADES DEL VERTEDERO CONTROLADO A INSTALAR.

### 7.2.1 Residuos a manejar.

En el CAPÍTULO 6 del presente trabajo, se determinó la cantidad de residuos destinados a disposición final, producto del tratamiento en la instalación de recuperación de materiales y en la planta de compostaje, obteniéndose un valor de base para el diseño de 17 t/d.

Además, como ya se ha señalado, se admitirán los residuos de los establecimientos de atención de salud (y algunos tipos de residuos industriales compatibles entre sí). Estos residuos, no son responsabilidad de las municipalidades locales, sin embargo, en coordinación con la Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA) como el órgano técnico-normativo del Ministerio de Salud del Perú, serán admitidos solo para su disposición final, previa inspección, y autorización sanitaria-ambiental por parte de la DIGESA<sup>37</sup>. En este caso, no se cuenta con la cantidad de residuos a admitir, por lo que solo se considerará una zona extra para su disposición final bajo estricto cumplimiento de los criterios sanitarios-ambientales que estipule la normativa legal vigente, de tal forma que, estos residuos serían transportados al relleno sanitario en una unidad acondicionada para dicho fin, lo que posibilitará la descarga en un área diferenciada y proceder a su inmediata cobertura.

Los apartados siguientes, describen las consideraciones para la disposición final de los residuos procedentes de la instalación de recuperación de materiales, y de la planta de compostaje.

### 7.2.2 Método de vertido.

El método constructivo y la secuencia de la operación de un vertedero controlado están determinados principalmente por la topografía del terreno escogido, aunque también dependen de la fuente del material de cobertura y de la profundidad del nivel freático. De acuerdo al relieve predominante del terreno y las características del suelo, la infraestructura para la disposición final de residuos que se plantea, considera habilitar la infraestructura mediante trincheras que se proyectan alcanzar en los trabajos de excavación.

**El método en trinchera o zanja**, se puede aplicar en terrenos sin relieve y sin problemas de proximidad del nivel freático. Consiste en excavar una serie de trincheras que se rellenan posteriormente de residuos y se recubren con el material previamente excavado. Normalmente se recurre a la excavación de trincheras paralelas, lo que permite un mejor aprovechamiento del terreno (Figura N° 28). Este método genera tierra sobrante que puede venderse para terraplenados o rellenos o bien utilizarse como material de recubrimiento en capas de residuos colocadas sobre las iniciales (Seco & colaboradores, 2004).

---

<sup>37</sup> Artículo 16 del Decreto Legislativo N° 1065, que modifica la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos (...) dichos residuos sean recogidos por una Empresa Prestadora de Servicios de Residuos Sólidos (EPS-RS) contratada por el sector salud (...).

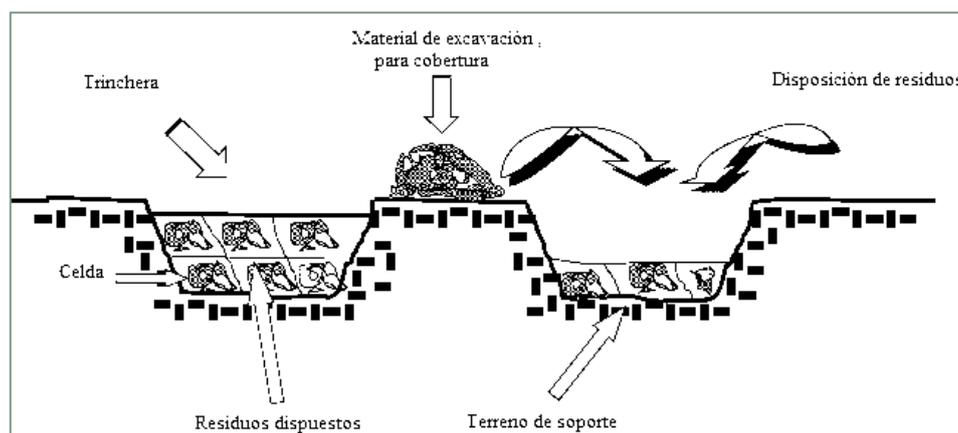


Figura N° 28 Diseño del método de vertido en trinchera.  
Fuente: Tchobanoglous & colaboradores (1994).

Se suelen hacer varias trincheras paralelas cuya anchura mínima será 2 veces la anchura de la máquina que extiende los residuos. La altura máxima recomendable es de 2,5 metros. El material sobrante procedente de la excavación se puede utilizar como relleno o para terraplenes.

### 7.2.3 Grado de compactación.

Seco & colaboradores (2004, señalan que existen diferentes clasificaciones de los vertederos controlados. Una de ellas se hace teniendo en cuenta la densidad que pueden alcanzar los residuos en el punto de vertido como consecuencia de las labores de explotación llevadas a cabo en el mismo, y que se oscilan desde las  $0.5 \text{ t/m}^3$  (baja densidad) hasta  $1.2 \text{ t/m}^3$  (alta densidad). En los vertederos, la compactación es un parámetro de gran importancia ya que influirá directamente sobre la vida útil del vertedero, la rapidez en la descomposición y la producción de biogás y lixiviados.

**Vertedero de alta densidad en balas, pacas o fardos**, consiste en prensar los residuos y empaquetarlos, formando balas flejadas que mantienen su cohesión y estructura, de esta forma se obtienen elementos de formas regulares que permiten la fácil colocación en el vertedero. La densidad llega hasta  $1 \text{ t/m}^3$  aproximadamente<sup>38</sup>. Esto hace que los vertederos de balas requieran menor cantidad de material de cobertura para evitar la infiltración de las precipitaciones, lo que en conjunto, permite aprovechar el espacio disponible en un 25 % con respecto al vertedero tradicional. Los residuos al ser comprimidos, pierden un 10 % de escurridos, reduciendo la generación de lixiviados de esta forma se reduce el volumen de lixiviados generado y se evitan los asentamientos bruscos de la masa de residuos, contando además con la gran estabilidad estructural que otorgan las balas.

---

<sup>38</sup> (Seco & colaboradores, 2004), hace mención a los rechazos de plantas de compostaje en que el contenido de la materia orgánica se ha reducido notablemente, así como la humedad, este procedimiento es muy factible, utilizándose normalmente en la actualidad en estos casos.

### **7.3 CRITERIOS DE DISEÑO.**

El área que ocupará el vertedero debe ser preparada adecuadamente para la recepción de los residuos, teniendo en cuenta las características antes mencionadas. Los criterios que se desarrollan a continuación, son representados en el Plano N°011

#### **7.3.1 Área para disposición de las balas.**

Es el área destinada a la disposición final de los desechos sólidos, debe planearse de tal manera que se pueda orientar y controlar su avance, de acuerdo con el diseño y el uso futuro proyectado. En particular, al aplicar el método de trinchera para los residuos dispuestos en forma de bala, y considerando las condiciones climáticas ante los recurrentes fenómenos de “El niño”, es que se estiman trincheras pequeñas, que a la vez permitan la maniobra del camión de cama baja que descargue los residuos en el frente de trabajo, así como también la maniobra de la máquina manipuladora de las balas para su correcta disposición.

#### **7.3.2 Infraestructura de control de aguas pluviales, protección del suelo y agua.**

La finalidad de estas infraestructuras es doble:

- Evitar que las aguas superficiales debidas a la escorrentía de lluvias entren en contacto con los residuos vertidos, mediante la aplicación de una cuneta perimetral pluvial.
- Evitar que el agua en contacto directo con los residuos vertidos (lixiviados), caso debido a la lluvia directa, descomposición de los residuos, etc., contamine las aguas superficiales o subterráneas. Se evitara mediante un sistema de drenaje y evacuación de lixiviados.

##### **7.3.2.1 Control de aguas pluviales mediante cuneta perimetral pluvial.**

Para evitar que el agua de escorrentía penetre en el área y genere más filtraciones que las deseadas, se efectúa un diseño adecuado a las características propias del terreno, donde la acción de aguas pluviales entre los meses de mayo a septiembre es casi inexistente, no ocurriendo lo mismo entre los meses de diciembre a abril cuando ocurren fuertes lluvias, asimismo se tiene cuidado con la ocurrencia de las lluvias de la época del fenómeno meteorológico de “El Niño”.



Figura N° 29 Cuneta perimetral pluvial típico de un vertedero controlado.

Se proyecta la construcción de una cuneta rectangular revestida de hormigón:

- Ancho de la base : 0.6 m
- Profundidad : 0.4 m

El vertido de la cuneta desembocara tras varios kilómetros a la quebrada existente.

### 7.3.2.2 Protección del suelo y agua.

Cólomer & Gallardo (2007), afirman que, todo vertedero deberá estar situado y diseñado de forma que cumpla las condiciones necesarias para impedir la contaminación del suelo, de las aguas subterráneas o de las aguas superficiales y garantizar la recogida eficaz de los lixiviados.

La protección del suelo, de las aguas subterráneas y de las aguas superficiales durante la fase activa o de la explotación del vertedero se conseguirá mediante la combinación de una barrera geológica y de un revestimiento artificial, bajo la masa de los residuos. Existe barrera geológica cuando las inmediaciones de un vertedero tienen la capacidad de atenuación suficiente para impedir un riesgo potencial para el suelo y a las aguas subterráneas.

Existen características técnicas que debe tener el sistema de impermeabilización de los fondos y taludes que configurarán el vaso del vertedero de residuos para impedir la contaminación del suelo y de las aguas subterráneas, debiendo disponer de una barrera geológica natural impermeable. Además de estas barreras (natura y artificial), será necesario añadir un revestimiento artificial impermeable, con el fin de mantener en un mínimo la acumulación de lixiviados en la base del vertedero.

En Perú, el Reglamento para diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal (rellenos sanitarios), aprobado mediante Resolución ministerial N° 109-2006/MINSA, señala en su artículo 31, “*si no existe una barrera geológica natural que impida la contaminación de las aguas subterráneas por efecto de los lixiviados, debe proyectarse un sistema de impermeabilización con una capa de arcilla de coeficiente de permeabilidad,  $K = \leq 1.0 \times 10^{-7}$  m/s u otros materiales de características adecuadas para dicho fin, tomando en cuenta las condiciones naturales del lugar donde se proyecte la infraestructura. El espesor mínimo de la capa de arcilla está en función de la profundidad de la capa freática y de la precipitación pluvial de la zona según lo indicado en el anexo 3*”.

PRECIPITACION PLUVIAL	NAPA FREÁTICA		
	Profunda (más de 100 m)	Intermedia (30 – 100 m)	Superficial (hasta 30 m)
Baja (hasta 50 mm/año)	0,4	0,6	0,9
Moderada (50 – 300 mm/año)	0,6	0,9	1,20
Alta (más de 300 mm/año)	0,9	1,20	1,50

Nota: La arcilla debe tener un coeficiente de permeabilidad máxima de  $k = 10^{-7}$  cm/s y ser compactada en espesores no mayores de 0,15 m.

Tabla N° 41 Espeso mínimo (m) recomendado de capa de arcilla para la impermeabilización de la base  
Fuente: Reglamento para diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal: rellenos sanitarios.

En este caso, será necesaria la adecuación de la superficie inferior del terreno mediante barrera geológica artificial que consistirá en una capa mineral (arcilla) compactada de un espesor no inferior a 0.15 m, y el revestimiento artificial para la protección del suelo y de las aguas, debido a que la barrera geológica no presenta condiciones que atenúan suficientemente el riesgo potencial de contaminación del suelo y de las aguas subterráneas (coeficiente de permeabilidad de barrera geológica ( $K= 1.0 \times 10^{-4} \text{ m/s}$ ). Respecto al revestimiento artificial impermeable, existe un aserie de materiales geosintéticos, que aplicados en láminas, puede utilizarse como impermeabilización de un vertedero, entre ellos se pueden citar: geomembranas, geotextiles, georredes, empleadas según sus funciones (ver Figura N° 30), siendo definido el uso de **geomembrana** de polietileno de alta densidad (PEAD), por tener la función de impermeabilización, y al poseer características técnicas suficientes para cumplir las reglamentaciones ambientales y su gran resistencia química, hacen de él, el material perfecto para impermeabilización en vertederos.

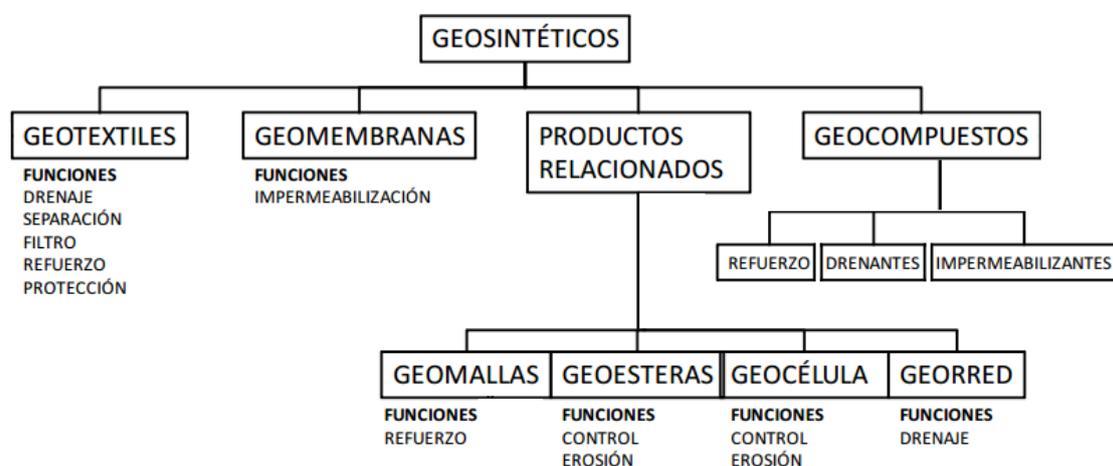


Figura N° 30 Tipos de materiales geosintéticos.  
Fuente: Adaptado de (Vaquero Díaz, 2004)

### Gestión de lixiviados.

Seco & colaboradores (2004), definen a los lixiviados como los efluentes generados en un vertedero como consecuencia de la percolación del agua de lluvia y de la escorrentía a través de la masa de residuos de la propia agua que contienen los residuos. Estas aguas van arrastrando las sustancias solubles de los residuos, por lo que son altamente contaminantes; se trata de un efluente con una alta carga orgánica y mineral (lo normal son valores de DBO de 20 000 a 30 000 mg/l para vertederos nuevos, 2 años, si bien en vertederos maduros, 10 o más años, la carga orgánica alcanza valores más bajos, en torno a 100-200 mg/l de DBO), por lo que no pueden verterse al cauce público sin tratamiento previo.

Para garantizar la gestión de los lixiviados, se instalará un sistema de drenaje, compuesto de una **red de tuberías** con perforaciones superiores, ubicada en forma de espina de pescado (Figura N° 31), dentro de la capa de drenaje (compuesto por grava); desembocando en el colector general que transporta los líquidos a la balsa de lixiviados ubicada en el punto más bajo del vaso del

vertedero, donde se almacenarán temporalmente. Para la instalación de la red de tuberías, será necesaria una capa drenante mineral de 0.5 m.

Las tuberías de PE y PVC son las más habitualmente usadas debido a la compatibilidad con los lixiviados de RSU y a las características de las perforaciones. El tamaño y espaciado entre perforaciones debe permitir un caudal adecuado dentro de la tubería y minimizar su obstrucción. Tchobanoglous & colaboradores (1994), señalan que los tubos para la recogida de lixiviados deberán ser lisos, de 100 mm de diámetro, con perforaciones sobre la mitad de la circunferencia, espaciados 6 mm con tamaño de corte de 0,0025 mm., que es el tamaño más pequeño de la arena. Los tubos estarán espaciados cada 30 m. Respecto a la pendiente de los sistemas de drenaje hacia el punto de evacuación de los lixiviados será de entre 1.2 -1.8 % para que el desague sea eficaz durante el periodo de operación y después del mismo.

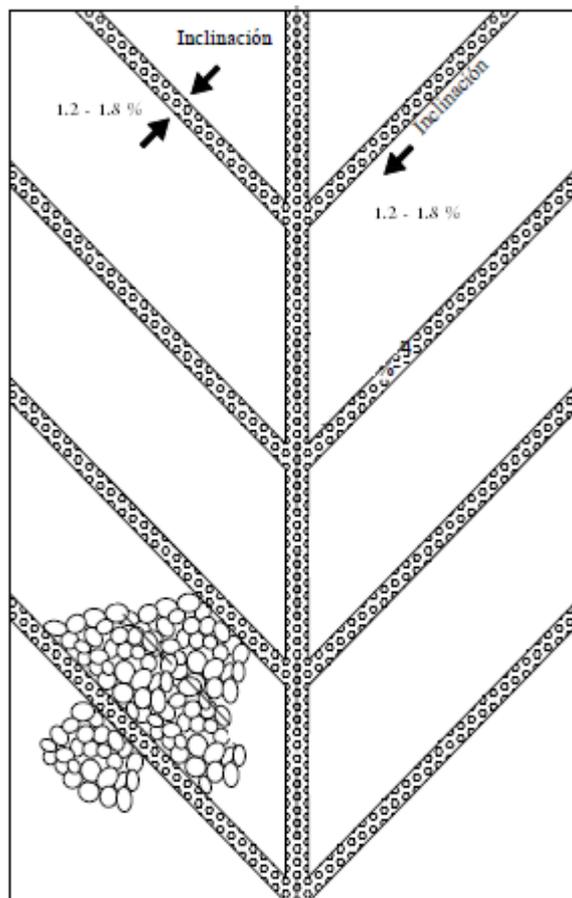


Figura N° 31 Red de recogida de lixiviados en forma de espina de pescado.

Fuente: Cólomer & Gallardo (2007).

El sistema de recogida de lixiviados es susceptible de sufrir obstrucciones físicas, químicas y biológicas. La obstrucción física se debe al movimiento de partículas finas dentro de otras mayores, produciéndose la disminución de la permeabilidad de estas últimas. La obstrucción química se debe a la precipitación de sustancias insolubles, como carbonato cálcico, que provocan el bloqueo o cementación del material de drenaje, por lo que esta capa debe estar formada por material inerte. Los filtros de arena y los geotextiles se usan para impedir la obstrucción física, siendo necesario tener en cuenta una capa de filtro (lamina de geotextil) que actúe como filtro de finos y minimice la obstrucción de las perforaciones; seguido de ellos se ubicarán las balas de residuos. En la Figura N° 32, se detalla el espesor de las capas que conforman el revestimiento del vaso del vertedero, y en el Plano N°011, se visualiza la vista en planta y en perfil del vaso del vertedero.

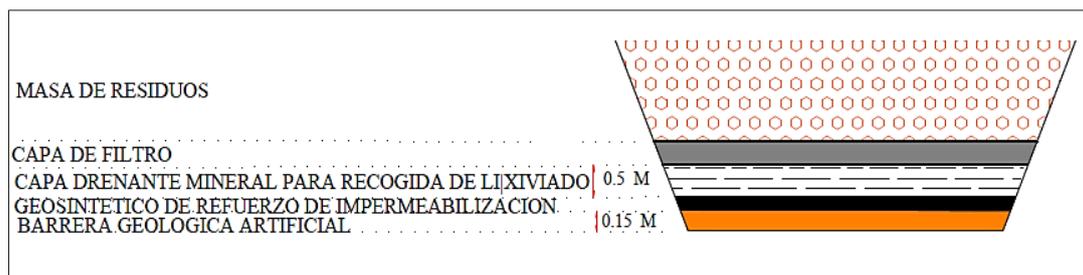


Figura N° 32 Barrera geológica artificial y revestimiento artificial.

Fuente: Adaptado de Cólomer & Gallardo (2007).

### Balsa para almacenamiento de lixiviados.

Los lixiviados se suelen recoger en depósitos de retención o balsas de almacenamiento. Tchobanoglous & colaboradores (1994), indican que se pueden usar depósitos de pared sencilla o doble, y de plástico o metal, siendo los segundos los de mayor seguridad, con una tasa máxima de descarga permisible de 1 a 3 días durante el periodo de máxima producción de lixiviado. Para su diseño se contempla (ver Figura N° 33):

- Sanear, nivelar, y extender sobre el terreno natural una capa de arcilla debidamente compactada (0.15 m). La pendiente no será inferior al 2 % y la superficie afectada drenará en su totalidad hacia un punto concreto.
- La extensión de un material sintético de protección (geotextil) y una lámina de impermeabilización (geomembrana de PVC, PEAD, PP). El geotextil es empleado para proteger la geomembrana frente a las posibles irregularidades de la capa de arcilla o punzamiento provocados por elementos no eliminados. Este sistema de impermeabilización se conoce como “sistema de capa sencillo” (Cólomer & Gallardo, 2007).
- Dimensiones de 100 m<sup>2</sup> y 5.5 m de profundidad.

Los lixiviados en la balsa, se bombearan al camión cuba para ser transportados a la depuradora de aguas residuales municipales para su respectivo tratamiento antes de ser vertidos al cauce.

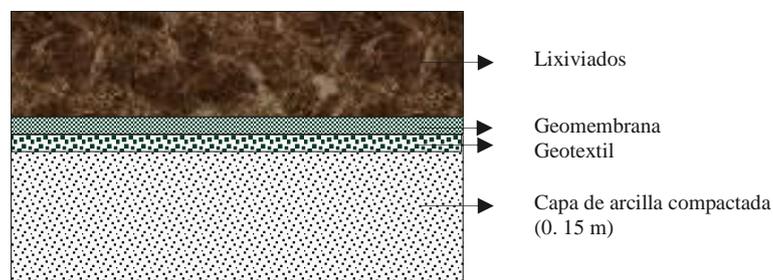


Figura N° 33 Sistema de capas para la impermeabilización de fondo y paredes de la balsa de lixiviados.

Fuente: Elaboración propia.

### 7.3.3 Control de gases.

Dependiendo de la cantidad de residuos orgánicos biodegradables depositados en el vertedero la producción de gases puede ser importante y también larga. La fermentación anaerobia de los residuos en el vertedero provoca la constante formación de gases en su interior, tendiendo a salir por la zona de mayor permeabilidad. Al instalar chimeneas, se está creando caminos preferenciales para el escape de los gases a la atmósfera. Así, la emisión queda localizada y pueden prevenirse sus riesgos de explosión y de incendio y se evita, por otra parte su salida a la atmósfera, aprovechado para producir energía o conducido hasta una antorcha para ser quemado<sup>39</sup>.

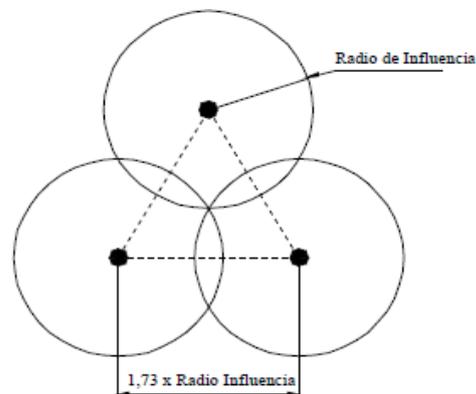


Figura N° 34 Representación esquemática de una red de captación de biogás.

Fuente: Gendebien & colaboradores, 1992

Para este caso, se define la extracción del gas de vertedero, mediante el sistema de chimeneas verticales. Este sistema emplea chimeneas separadas para que sus zonas de influencia (pozos de 30 m de radio de influencia) se complementen. Los pozos ocupan los vértices de una maya isométrica, tal y como se muestra en la Figura N° 34 **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, donde el radio de influencia corresponde a la distancia entre un vértice del triángulo equilátero y su centro geométrico. De esta forma se genera el solape entre los pozos de captación (Gendebien & colaboradores, 1992).

Cólomer & Gallardo (2007), señala que para un vertedero de balas, el diseño de la chimenea consiste en fijar verticalmente al terreno un tubo de acero hueco de unos 80 cm de diámetro, y en su interior se introduce una tubería corrugada y ranurada de PVC de unos 50 cm de diámetro. El espacio que queda entre ambas tuberías se rellena de grava.

A medida que los residuos, por medio de balas, van subiendo de nivel, una maquina va subiendo el tubo de acero. Cuando se ha llegado a la cota máxima de vertido, se retira dicho tubo de acero. Dichas especificaciones de señalan en el Plano N°011 .

## 7.4 CRITERIOS DE EXPLOTACIÓN.

La adecuada gestión y mantenimiento de un vertedero durante su fase de funcionamiento marca la diferencia entre controlado e incontrolado, debido a los efectos adversos derivados a la población y al medio ambiente.

<sup>39</sup> En vertederos de grandes dimensiones resulta rentable su aprovechamiento.

Su correcta gestión pasa por la planificación de las operaciones diarias y periódicas destinadas a optimizar la utilización del emplazamiento y la manipulación de los residuos, además de realizar un control y vigilancia.

#### **7.4.1 Adecuación de residuos.**

Estos residuos son comprimidos y empaquetados en forma de balas de 1 m<sup>3</sup>, empaquetados con flejes (cintas plásticas) para asegurar su estructura durante su manejo, permitiendo un fácil, ordenado transporte y colocación. Para ello se hará uso de maquina polivalente para trabajos de cuchara y pinzas, con la misión principal de dirigir los residuos hacia la prensadora y luego cargar las balas en un camión de cama baja, el cual una vez lleno, transporte los residuos al vertedero controlado.

#### **7.4.2 Colocación de residuos en celdas.**

Para el procedo de relleno, los residuos transportados en el camión cama baja, serán descargados en el frente de trabajo de la celda activa, donde por medio de un manipulador telescópico se ubiquen las balas adecuadamente (ver Figura N° 35), llenando el largo de todo el ancho de la celda, seguido por una segunda fila, completando así los 2 metros de altura de residuos en la celda.



Figura N° 35 Manipulador telescópico y camión cama baja.

#### **7.4.3 Cubierta diaria.**

Al tratarse de un vertedero controlado en balas, no se considera la cubierta diaria, ya que la compresión de los residuos aumenta la estabilidad de la celda.

#### **7.4.4 Cubierta final.**

Mediante la ejecución de la cobertura de los residuos sólidos, se evitará la existencia de olores provenientes de la descomposición de los residuos, también prevendrá el contacto del exterior con los residuos, la proliferación de vectores y roedores, el desventajoso efecto visual que producen los residuos descubiertos y la dispersión por efecto del viento de residuos ligeros.

La cobertura final de cierre tendrá las siguientes especificaciones, las cuales también se ilustran en la Figura N° 36:

1. Aportación de la capa final de cobertura con un mínimo de 0.5 m de espesor.
2. Colocación de una barrera impermeable de arcilla compactada de 0.5 m de espesor.
3. Colocación de una capa drenante mineral, utilizando tubos dren situados sobre un lecho de arena o grava de 30 cm de espesor. La finalidad de este sistema es doble, evitar que el agua infiltrada alcance la masa residual vertida y efectúe su lavado y evitar que por capilaridad, los contaminantes presentes en las basuras puedan ascender hasta alcanzar la capa vegetal, afectando tanto a la vegetación implantada como a las aguas superficiales, contaminándolas.
4. Adicionalmente, y dependiendo del uso futuro de la infraestructura, se colocará una capa de suelo capaz de sustentar una vegetación típica de la localidad a fin de minimizar la erosión del sistema de cobertura en el largo plazo. En lo posible, esta actividad debe efectuarse en forma progresiva según se concluya la operación de cada área de disposición.

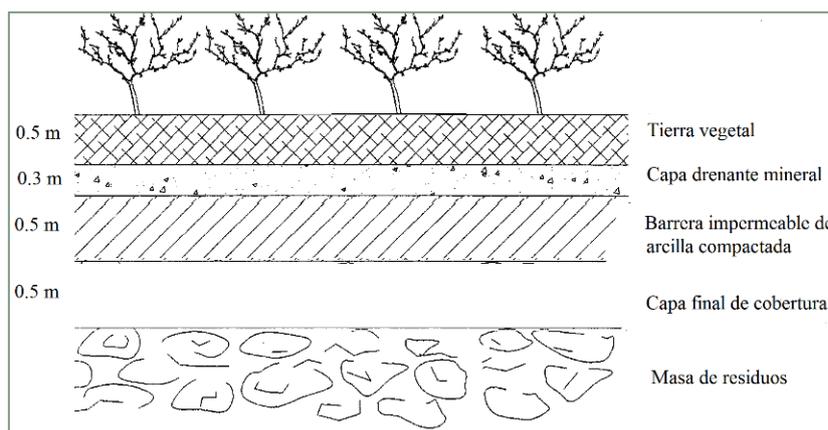


Figura N° 36 Cubierta final del vertedero.  
Fuente: Adaptado de Seco & colaboradores (2004).

De esta forma se consigue estabilizar el terreno, mejorar su aspecto, y permitir el empleo posterior al cierre.

## **7.5 CONSTRUCCIONES AUXILIARES.**

En relación al diseño, además del vaso del vertedero, se incluirá instalaciones auxiliares, tales como, administrativas y de servicios, además construcciones de estructuras sanitarias, vías de acceso exterior e interior.

### **7.5.1 Caseta de control.**

La construcción de una caseta es importante para ser usada como: portería, lugar para guardar herramientas, instalaciones sanitarias, cocina para calentar alimentos y resguardo para trabajadores.

### 7.5.2 Instalaciones sanitarias.

Se debe contar con instalaciones mínimas que aseguren la comodidad y bienestar de los trabajadores, para conseguir lo anterior, se debe tener servicios sanitarios; como mínimo se requiere una letrina.

### 7.5.3 Acceso interno.

Para entregar los residuos en el frente de trabajo, se habilitará una vía interna de 6 m de ancho, con sus drenajes, la cual debe mantenerse en buenas condiciones durante todo el año.

### 7.5.4 Cerco perimetral o y cerco vivo.

El vertedero deberá disponer de medidas de seguridad que impidan el libre acceso a las instalaciones. La altura media recomendada suele ser de 1.8 m (Cólomer & Gallardo, 2007). Además el uso de cerco vivo para contrarrestar la contaminación visual.

## 7.6 VOLUMEN Y SUPERFICIE REQUERIDA PARA VASO DE VERTEDERO.

El volumen del vaso del vertedero controlado, depende de la colocación de los residuos en el vertedero, de tal manera que se garantice la estabilidad de la masa de residuos y estructuras asociadas, en particular para evitar posibles deslizamientos y hundimientos, debido a que con el paso del tiempo, y las condiciones meteorológicas, los vertederos sufren grandes asientos, con lo cual su volumen disponible disminuye, y su capacidad del vertedero aumenta. En la zona de estudio, la ocurrencia del fenómeno de “El niño” es un factor que limita muchas veces el adecuado dimensionamiento y operación de los vertederos. Por lo que solo se dispondrán los residuos con una altura máxima de tres filas (3 m) y un total de 2.5 m de barreras que conforman el revestimiento artificial y la cobertura final (ver Tabla N° 42). Al ser un vertedero de balas, no se considera el recubrimiento diario.

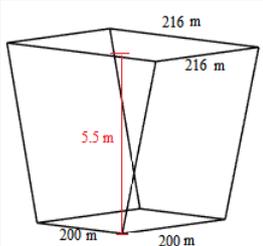
Ítem	Valor	Vaso de vertedero
Área base mayor	46 656 m <sup>2</sup>	
Área base menor	40 000 m <sup>2</sup>	
H <sub>total</sub> en el vaso (3 m de balas + 0.65 m de barreras de revestimientos + 1.85 m de cobertura final)	5.5 m	
Volumen de vaso	238 069 m <sup>3</sup>	
Volumen de barreras	108 213 m <sup>3</sup>	
Densidad de residuos rechazo (vertedero de balas)	1 000 kg/m <sup>3</sup>	
$(V_{\text{residuos}} + \text{Cobertura}) = VT - V_{\text{barreras}}$	129 856 m <sup>3</sup>	
$V_{\text{residuos}} = (V_{\text{residuos}} + \text{Cobertura}) - V_{\text{cobertura}}$	129 856 m <sup>3</sup>	
Masa Producción de rechazo	6 205 000 kg/año	
Volumen de rechazo	6 205 m <sup>3</sup> /año	
Vida útil de vaso	20 años	

Tabla N° 42 Volumen, superficie y vida útil de vaso de vertedero.  
Fuente: Elaboración propia.

Además del vaso de vertedero, se necesita una cierta área para la infraestructura auxiliar. El porcentaje del área ocupada por la infraestructura auxiliar disminuye proporcionalmente con el tamaño del vertedero. En los vertederos pequeños, se puede calcular el área requerida para infraestructura entre 20 y 40 % del área del vaso del vertedero. En los vertederos medianos, este porcentaje baja hasta entre 10 – 20 %, y en los vertederos grandes se puede estimar el área necesaria para la infraestructura con menos del 10 % del área del cuerpo de residuos.

Además en el momento de la construcción, se prevé el área necesaria para la disposición de residuos centros de atención de salud mediante celdas independientes que cumplan con los requisitos sanitarios y ambientales legales exigidos.

## **7.7 RECUPERACIÓN Y UTILIZACIÓN POSTERIOR DEL VERTEDERO.**

### **7.7.1 Sellado cierre definitivo.**

El cierre del sitio de disposición final de los residuos sólidos, debe entenderse como la suspensión definitiva del depósito de los residuos sólidos por el agotamiento de su vida útil, a sus efectos de contaminación al ambiente o bien a las molestias y daños a la salud pública. El sellado está referido a un conjunto de operaciones para adecuar un vertedero a su uso definitivo, estabilizando el vertedero, mejorando su aspecto y permitiendo el empleo posterior al cierre. Con esto se intenta dejar el terreno similar a su situación antes de las obras de construcción.

Se tiene como objetivo cerrar el botadero y recuperar el paisaje inicial del lugar de tal modo que no se generen impactos ambientales negativos, mediante la cubierta final y la re-vegetación del área.

### **7.7.2 Uso final del suelo.**

Una de las ventajas de los vertederos controlados es que permiten recuperar de forma económica terrenos que de otra forma tendrían costes de utilización muy elevados. Así por ejemplo permiten recuperar canteras abandonadas, ganar terreno al mar, construir aeropuertos en ciudades con escaso terreno libre (Seco & colaboradores, 2004).

El artículo 90 del Decreto Supremo N° 057-2004-PCM, Reglamento de la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos, señala que “queda prohibida la habilitación urbana o la construcción de edificaciones de cualquier naturaleza en áreas que fueron utilizadas como infraestructura de disposición final.

El artículo 46 de la resolución ministerial N° 109-2006/MINSA, Reglamento para diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal: rellenos sanitarios, señala que “el diseño debe considerar el uso que se dará al área de la infraestructura una vez concluida su vida útil, de tal manera que sea compatible con el ambiente, la salud, el desarrollo y bienestar de la población del área de influencia del relleno sanitario.”

Bajo este contexto, los usos futuros del vertedero pueden ser:

- Recreativos: Parques públicos, zonas deportivas, campings.
- Agrícolas: Zonas de pastos o cultivada, invernaderos, árboles frutales.
- Re-vegetación: Implantación de las especies existentes antes de ubicar el vertedero.

### **Re-vegetación.**

Se logrará la inserción del vertedero en el paisaje natural. Además, permitirá proteger la cobertura final de la erosión causada principalmente por las precipitaciones y el viento. Las características deseables de la vegetación que se coloca sobre la última capa de tierra vegetal son: raíces poco profundas, de rápido crecimiento, resistentes al biogás, capaces de soportar la falta de agua y que se extiendan horizontalmente sobre el área. Debe evitarse que las raíces penetren y dañen las capas de cierre que se encuentran más abajo. La cobertura vegetal estará caracterizada por el uso de especies nativas de la zona, de modo que estén acordes con las condiciones biológicas de la zona y con las condiciones de humedad existentes, de manera de provocar el menor impacto sobre el medio.

## **7.8 CONTROL Y VIGILANCIA EN LA FASE DE EXPLOTACIÓN Y POST CIERRE.**

### **7.8.1 Gestión de aguas superficiales.**

La prevención de la entrada de agua hacia el vertedero, es un requerimiento continuo en la operación, para su mejor manejo.

El agua superficial, que pudiera ingresar al vertedero por los lados, es interceptado por la cuneta perimetral pluvial usada para detener el agua de lluvia de movimiento lateral y evitar el contacto de esta con los residuos.

Las labores de control, requieren inspección, limpieza, y mantenimiento de los canales. Estas labores requieren de un manual de labores. Es esencial que después de los efectos de temporada como vientos y transporte de vegetación o vientos fuertes que transporten polvo y diversos materiales, si estos materiales incluidos el polvo se acumulen en los canales, podrían causar un bloqueo o cubrir por completo el canal y complicarse la situación con la ocurrencia de una lluvia severa. Es por ello que, el canal debe ser limpiado como mínimo cada seis meses y de manera más continúa en la temporada de lluvias (de diciembre a abril).

### **7.8.2 Control de fuego.**

En un vertedero bien manejado, la presencia de fuego abierto es muy poco probable, más aun en este caso que se trata de un vertedero de balas. Sin embargo, si el fuego se iniciara, este debe de ser extinguido lo más pronto posible para prevenir una extensión del fuego en todo el cuerpo del vertedero. La técnica más común, es excavar una trinchera alrededor del área en fuego, con el fin de aislarla del resto del vertedero, luego los residuos con fuego son cubiertos con arena o tierra.

Solo en circunstancias excepcionales se debe de usar agua. En circunstancias extremas se debe de recurrir a los bomberos de la ciudad.

### **7.8.3 Control de fauna nociva.**

En la zona del proyecto, además de la generación de moscas, mosquitos, un verdadero obstáculo, es la presencia de aves de rapiña siendo difíciles de evitar, causando molestia para los trabajadores y para los habitantes de las zonas próximas al vertedero. El control de insectos y roedores es considerado de importancia en la operación, siendo necesario realizar la cobertura de los residuos al completar el frente de trabajo. Asimismo, en aquellos lugares donde el agua de lluvia tienda a acumularse, se deberá cubrir para eliminar los lugares de reproducción de mosquitos.

Si una infestación de roedores es persistente, el uso de venenos es efectivo en la eliminación de la población de roedores. Si el envenenamiento o la captura de los roedores es requerida el operador deberá colocar señales que informen a los trabajadores del vertedero, visitantes y otros.

### **7.8.4 Control y monitoreo de lixiviados, agua superficial y gases.**

Para evaluar la calidad del lixiviado, se realiza el monitoreo mediante la toma de muestras y mediciones (volumen y composición) del lixiviado deberán realizarse en el punto en que se descargue (en este caso su tratamiento es realizado en la planta de aguas residuales municipales). Respecto al control de las aguas superficiales; el vertedero se ubicarse sobre una quebrada seca, activa solo en épocas de temporada de lluvia, por ello se considera importante realizar el control como mínimo en dos puntos, uno aguas arriba y otro aguas abajo del vertedero, seguido de su respectivo monitoreo. Para el control de lixiviados y el agua superficial, se recomienda tomar una muestra representativa de la composición media. Y por último, el control de gases deberá ser de forma representativa. La frecuencia de la toma de muestras, se presentan en la Tabla N° 43.

	Fase de explotación	Post cierre
Volumen de lixiviados	Mensualmente	Cada seis meses
Composición de los lixiviados	Trimestralmente	Cada seis meses
Volumen y composición de las aguas superficiales	Cada seis meses (específicamente en la temporada de lluvia de dic-abr)	
Emisiones potenciales de gas y presión atmosférica	Mensualmente	Cada seis meses

Tabla N° 43 Frecuencia de toma de muestras para control y monitoreo de lixiviado, agua superficial, y gases.  
Fuente: Adaptado de RD 1481/2001 de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero.

### **7.8.5 Asentamiento del terreno.**

La observación del comportamiento de asentamiento del nivel del vaso del vertido, es importante al momento de establecer un criterio de estabilidad de posibles estructuras o construcciones que se vayan a instalar luego de su clausura. En este caso, se ha previsto el uso futuro del terreno para re-vegetación mediante la implantación de las especies existentes (monte muy seco) antes de ubicar el vertedero.

Se deberán realizar mediciones periódicas del asentamiento del terreno, con especial énfasis en el mantenimiento del relieve del área, lo que permitirá controlar el comportamiento del vertedero e introducir las medidas correctoras para que las aguas de lluvia escurran siempre hacia fuera del vertedero. En este caso, al tratarse de un vertedero de poca profundidad, la posibilidad en que se produzcan asentamientos es prácticamente nula, pero a medida de prevención, se recomienda efectuar controles mensuales hasta el segundo año de clausura, trimestrales hasta los cinco años, semestrales hasta los diez años, y anuales hasta su estabilización total.

## CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES FUTURAS

En este capítulo se finalizara la investigación, detallando una serie de conclusiones y recomendaciones que sistematizan los aspectos más importantes que se han desarrollado.

### 8.1 CONCLUSIONES.

- La importancia del manejo y gestión de los residuos sólidos urbanos, se centra en la reducción de la cantidad de residuos con disposición final en el vertedero controlado, por ende en el aumento de la valorización de los residuos reaprovechables, con fines sociales, económicos, y ambientales, hacia un desarrollo sostenible.
- La generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios en la zona de estudio, es de 0.64 kg/persona/día, cantidad que ha ido en aumento debido a su relación directa con las variables de crecimiento poblacional la de nivel de consumo de los ciudadanos, variables que en los últimos años experimentaron una tendencia a la alza, por la presencia de industrias, aeropuerto.
- En Perú, según el Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y No Municipales emitido por el Ministerio del Ambiente el año 2015, se tiene que el 70% de los residuos municipales son de origen domiciliario mientras que el 30% adicional corresponde a la generación de residuos comerciales y residuos de barrido del ámbito municipal. Por tanto, las viviendas representan la principal fuente de generación de residuos sólidos.
- La puesta en marcha del Programa de Segregación en la Fuente y Recogida Selectiva de Residuos Sólidos Domiciliarios, del municipio de Jaén, ha permitido que el 42.8 % de la población esté familiarizada con el manejo y la importancia de la valorización de los residuos sólidos, lo que permitirá una participación más efectiva.
- Los principales problemas identificados en la gestión de los residuos sólidos en el municipio de Jaén, se centran en: inadecuado equipamiento, almacenamiento; ineficiente capacidad operativa de recogida y transporte de los residuos sólidos; carencia de continua capacitación en personal del municipio; constantes conflictos entre pobladores y autoridad municipal debido a los problemas que se generan en salud y el medio ambiente; inexistencia de equipamiento para el tratamiento de los residuos reaprovechables; inexistencia de infraestructura adecuada para la disposición final de los residuos sólidos previo tratamiento. Siendo resumidas en cuatro temáticas: 1) bajo nivel de organización y planificación, 2) escasas estrategias de capacitación al personal y sensibilización a la población, 3) bajo nivel de negociación para realizar convenios estratégicos con entidades públicas, privadas y ONG, y 4) insuficiente voluntad política de las autoridades municipales para realizar mejoras en la gestión.

- La gestión integral de los residuos sólidos, es un proceso participativo que involucra la participación de autoridades, generadores y público en general.
- La propuesta que se presenta, contempla un Programa de actuación basado en tres Ejes: 1. Fortalecimiento de la gestión municipal; 2. Sensibilización ambiental en la sociedad; 3. Mejora en la gestión de la calidad de los residuos sólidos. Estos ayudarán a cumplir la meta propuesta. Los actores claves del Programa de actuación son los siguientes: la ciudadanía en general, el equipo técnico administrativo del municipio, y las instituciones privadas y públicas. Sobre ellos girará la Propuesta de mejora y el despliegue de lineamientos estratégicos.
- El fortalecimiento de la gestión municipal y la sensibilización ambiental en la sociedad, está enmarcada en apoyo de especialistas para el desarrollo de acciones a corto y mediano plazo. Se busca contar con autoridades municipales con voluntad política para ayudar a priorizar en la agenda municipal los temas relacionados a la mejora de la gestión de los RSU y del impacto positivo que trae para los ciudadanos y para la entidad edil.
- La gestión integral de los residuos sólidos supone conjunto de operaciones encaminadas a dar a los residuos producidos el destino global más adecuado, desde el punto de vista ambiental y sanitario. La sensibilización busca que los ciudadanos, participen activamente en el proceso de segregación por tipo de residuos (fracción resto y fermentables), lo que conlleva a la generación de impactos positivos en la minimización de la cantidad de residuos y en un mejor tratamiento de los mismos.
- La mejora de la gestión de la calidad de los residuos sólidos, está comprendido por las etapas del ciclo de vida de los residuos, siendo: generación, segregación en la fuente, recogida selectiva, transformación, y disposición final. La propuesta a implantar, considera todas las etapas, estableciendo dos fracciones de residuos: resto y fermentables; sistema de recogida selectiva por contenedor en acera para el 90 % de la población por contar con red vial en buenas condiciones; planta de tratamiento que abarca una instalación de recuperación de materiales para la fracción resto, y una planta de compostaje para la fracción fermentable; vertedero controlado o relleno sanitaria con método de trinchera para la disposición final del rechazo generado.
- Se busca que la propuesta esté fortalecida por una serie de convenios para lograr sinergias y ayudar así al financiamiento de la mejora de la gestión integral de los RSU.
- La propuesta en sí, genera una serie de beneficios para la población y para la misma entidad local, que siendo promocionados y gestionados adecuadamente puede traer consigo que la población participe activamente y reconozca la labor del gobierno municipal mediante créditos políticos.

- Se ha considerado incluir el manejo de los residuos de los centros de atención de salud, bajo la responsabilidad de los generadores de los residuos no municipales, los mismos que deberán responsabilizarse por el manejo de estos residuos, en coordinación con la autoridad municipal y de salud (DIGESA).

## **8.2 RECOMENDACIONES FUTURAS.**

- Respecto al porcentaje de viviendas que participan en el Programa de Segregación en la fuente en el Plan de incentivos a la mejora de la gestión y modernización municipal del Ministerio de Economía y Finanzas se deberá enfatizar su extensión en correlación con la propuesta de este trabajo, para un mejor funcionamiento y aprovechamiento porcentual de residuos sólidos reaprovechables.
- Respecto a las zonas cuyo uso de suelo es el industrial, y que debido a la naturaleza de sus residuos asimilables al residuo urbano, pero que por el volumen que generan (mayor a 10 t/año), se categorizan como grandes generadores de RSU, y toman la clasificación de residuos de manejo especial, se deberá estudiar su inclusión en la gestión de residuos municipales, por contar con alto potencial de aprovechamiento de materiales. Asimismo, para aquellos residuos voluminosos de origen domiciliario, como: muebles, chatarra, aparatos electrodomésticos, aparatos informáticos, baterías de automóvil, colchones, neumáticos, entre otros, se deberá estudiar la habilitación de un Ecoparque transitorio en coordinación con el Ministerio del Ambiente y el Ministerio de Salud.
- La generación de residuos de construcción y demolición – RCD, en lo que sea aplicable a los residuos y escombros procedentes de obras menores de construcción y reparación domiciliaria, podrán ser manejados mediante su disposición final como material de relleno en el cierre de canteras de explotación de empresas ladrilleras de la zona, para evitar así la proliferación de insectos y controlar el incremento de enfermedades por aguas empozadas en canteras que carecen de un cierre técnico adecuado.
- Unir esfuerzos entre municipios vecinos, para que la mejora de la gestión de los residuos, también sea integral también con los demás términos municipales circundantes. De esta forma, aún es posible ampliar las horas de funcionamiento de la planta de tratamiento y del relleno sanitario.

## BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS DIGITALES CONSULTADAS

Cólomer, & Gallardo. (2007). Tratamiento y Gestión de residuos sólidos. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.

Concejo Nacional del Ambiente (2005). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PLANRES.

Fonseca, M. D. (2005). Comunicación oral. Pearson Educación.

Gendebien, A.; Pauwels, M.; Constant, M.; Ledrut-Damanet, M.-J.; Nyns, E.-J.; Willumsen, H.-C.; Butson, J.; Fabry, R. y Ferrero, G.-L. “Landfill Biogás. From Environment to Energy” Commission of the European Communities. Final report EUR 14017 / 1 EN, Luxemburgo, 1992

Guía para la Elaboración de Proyectos de Residuos Sólidos Municipales a Nivel de Perfil. 2008. Guía elaborada por el Proyecto STEM del Ministerio del Ambiente y la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional-USAID/Perú.

Huerta, López, Soliva, & Zaloña. (2008). Compostaje de residuos municipales. Cataluña.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección del consumidor (2005). GESTIÓN AMBIENTAL. Gestión de residuos. Código de colores para los dispositivos de almacenamiento de residuos. NTP 900.058.

Instituto Nacional de Información y Estadística, disponible en <http://www.inei.gob.pe>

Jeris, J. S., & Regan, R. W. (1973). Controlling environmental parameters for optimum composting.

Ley General de Residuos Sólidos (Ley N° 27314).

Ministerio del Ambiente (2011). Plan Nacional de Acción Ambiental (PLANAA) 2011 - 2021. Lima, Perú

Ministerio del Ambiente (2014). Sexto Informe Nacional de Residuos Sólidos Municipales y no Municipales 2013 Lima, Perú. Disponible en <http://redrrss.minam.gob.pe/material/20160328155703.pdf>

Ministerio del Ambiente (2016). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PLANRES) 2016-2024. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. (2011). Informe General 2012 “Diplomado Formulación de Perfiles de Proyectos de Inversión Pública en Residuos Sólidos Municipales”. Lima, Perú.

Negro, M. J., Villa, F., Aibar, J., Aracón, R., Ciria, P., Cristóbal, M. V., . . . Zaragoza, C. (2000). Producción y gestión del compost. CCMA, 5-23. Recuperado el 14 de Abril de 2017, de <http://hdl.handle.net/10261/16792>

Panero, J. (1996). Las dimensiones humanas en los espacios interiores,. Mexico: Gustavo Gili S.A.

Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Jaén 2013-2025, disponible en [http://www.munijaen.gob.pe/plan\\_urbano\\_2025.php](http://www.munijaen.gob.pe/plan_urbano_2025.php)

Prada, & Cortés. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. Orinoquia, 155-170.

Reglamento de Ley General de Residuos Sólidos (D.S. N° 057-2004-PCM)

Resolución Ministerial N° 109-2006/MINSA: Reglamento para el diseño, operación y mantenimiento de infraestructuras de disposición final de residuos sólidos del ámbito municipal (rellenos sanitarios).p

Seco, A., Ferrer, J. y Segura, F. 2004. Gestión de residuos sólidos, Tomo I. Ed, Servicio Publicaciones Universidad Politécnica de Valencia. Valencia.

Servicio Nacional de Hidrología y Meteorología, disponible en [www.senamhi.gob.bo](http://www.senamhi.gob.bo)

Silva, J. P. (29 de Mayo de 2012). Recuperación de nutrientes en fase sólida a través del compostaje. Cali, Colombia. Recuperado el 15 de Abril de 2017.

Sistema Nacional de Información Ambiental (2017). Consultado el 15 de febrero de 2017. Disponible en <http://sinia.minam.gob.pe/index.php?accion=verElemento&idElementoInformacion=1175&verPor=tema&idTipoElemento=2&idTipoFuente>

Soto Fuster, J. L. (2014). Alternativas de recogida, tratamiento y eliminación de residuos sólidos urbanos. (tesis de grado) Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Stanton, W. E. (2007). Fundamentos de Marketing. McGraw-Hill Interamericana.

Tchobanoglous, George ; Theisen, Hilary ; Vigil , Samuel, (1994). Gestión integral de residuos sólidos. Madrid : Mc Graw-Hill.

Vaquero Díaz, Iván. (2004). Manual de diseño y construcción de vertederos de residuos sólidos urbanos, Universidad Politécnica de Madrid.

Zafra , C. (2009). Metodología de diseño para la recogida de residuos sólidos. INGENIERÍA E INVESTIGACIÓN VOL. 29 No. 2, 119-126.

## ANEXOS

### **Planos**

Plano N°01	Localización de la ciudad de Jaén.
Plano N°02	Red vial de la ciudad de Jaén.
Plano N°03	Usos de suelo de la ciudad de Jaén.
Plano N°04	Altura de edificaciones en la ciudad de Jaén.
Plano N°05	Ubicación de contenedores para recogida selectiva de los residuos sólidos.
Plano N°06	Ubicación de terreno seleccionado para el tratamiento y disposición final de los residuos.
Plano N°07	Distribución de planta de tratamiento.
Plano N°08	Área de fermentación.
Plano N°09	Área de maduración.
Plano N°010	Topografía de zona de tratamiento y disposición final.
Plano N°011	Diseño del vertedero controlado.