

**UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**GESTIÓN INTEGRAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS SÓLIDOS**  
**EN EL DISTRITO DE TRUJILLO.**  
**PROVINCIA TRUJILLO. LA LIBERTAD**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL

**AUTORES:**

BR. CALLIRGOS ARRESTEGUI LUIS JORDAN

BR. MENDEZ CEDAMANOS DIANA CAROLINA

**ASESOR:**

DR. SAGASTEGUI PLASENCIA FIDEL GERMAN

**TRUJILLO – PERÚ**

**2015**

**TESIS: “GESTIÓN INTEGRAL PARA EL TRATAMIENTO DE RESIDUOS  
SÓLIDOS EN EL DISTRITO DE TRUJILLO.PROVINCIA TRUJILLO. LA  
LIBERTAD”**

Por:

Br. Luis Jordan Callirgos Arrestegui

Br. Diana Carolina Mendez Cedamano

**JURADO EVALUADOR**

Presidente:

Ing. Vargas Cárdenas Carlos Manuel

\_\_\_\_\_

Secretario:

Ing. Burgos Sarmiento Tito Alfredo

\_\_\_\_\_

Vocal:

Ing. Durand Orellana Rocío Del Pilar

\_\_\_\_\_

Asesor:

Ing. Sagastegui Plasencia Fidel German

\_\_\_\_\_

## **PRESENTACIÓN**

### **Señores Miembros del Jurado:**

Dando cumplimiento al Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Privada “Antenor Orrego”, para el título Profesional de Ingeniero Civil, es grato poner a vuestra consideración, la presente tesis titulada: “Gestión Integral para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Trujillo. Provincia Trujillo. La Libertad”

Atentamente,

Br. Luis Jordan Callirgos Arrestegui

Br. Diana Carolina Mendez Cedamano

Trujillo, julio del 2015

## DEDICATORIA

*A mis padres Miguel y Teresa, que son la razón de mi superación permanente y aliento para seguir adelante, a quienes agradeceré toda mi vida por su ejemplo de trabajo, apoyo permanente, abnegado sacrificio, y continuos consejos que me brindaron durante mi formación profesional. A mi hermano Isaac, a quien siempre lo tendré presente por su permanente fortaleza, vigor y voluntad; actitudes que siempre recordare.*

**Callirgos Arrestegui, Luis Jordan**

*Esta Tesis la dedico a mi padre Ronald que estuvo siempre a mi lado brindándome su mano amiga, dándome a cada instante una palabra de aliento para llegar a culminar mi profesión y ser con su trabajo y esfuerzo un ejemplo a seguir; A mi madre Eva y, mi segunda madre Adriana, quienes se convirtieron en pilares fundamentales de mi anhelo a la superación y formación profesional. A mis hermanos Carlos, Mariela y Ronald que fueron fuente de cariño y comprensión en todo momento.*

**Mendez Cedamanos, Diana  
Carolina**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por que estuvo siempre con nosotros guiándonos y respaldándonos en todo momento importante de nuestras vidas y por darnos la fuerza necesaria en aquellos tiempos difíciles que nos tocó vivir, gracias por hacer realidad este sueño anhelado.

A las autoridades académicas de la Universidad Privada Antenor Orrego por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales, a los docentes de la carrera profesional de ingeniería civil y en especial a nuestro asesor Ing. Fidel German Sagastegui Plasencia, quien nos asesoró en una forma eficiente y oportuna desde el inicio hasta la culminación de la presente tesis.

Los autores.

## RESUMEN

La presente tesis está enfocada a la elaboración de una gestión para el tratamiento de residuos sólidos urbanos (RSU) en el distrito de Trujillo, que permita gestionar adecuadamente los residuos generados. Dentro de las actividades que se realizaron se conformó un punto de partida básicamente con la identificación de la condición actual del manejo de los residuos de la zona en estudio desde su generación hasta su disposición final, así como de la composición de los mismos, además de las características socioeconómicas y culturales de la población.

El primer paso consistió en el estudio de generación y caracterización de los residuos generados en el distrito, con una muestra de 108 viviendas distribuidos en 3 estratos socioeconómicos correspondientes a 57,570 predios habitados, con esto queremos conocer el estado actual del sistema y proponer soluciones a los problemas que puedan surgir y reducir la contaminación ambiental. Se determinó, la población - 2015, la producción per cápita (PPC) 0.612 Kg/hab/día, trece componentes, la densidad de 211.52 kg/m<sup>3</sup> y la humedad de 70,16%, asimismo, el número de unidad recolectoras, el tipo y cantidad de RSU que se evacuan diariamente en el distrito de Trujillo (199.34 tn/día), el porcentaje de cobertura de servicio (95% - 100%), el proceso de recolección y las rutas.

Este trabajo servirá para proporcionar soluciones medio ambientales para mejorar el medio ambiente, elevar la calidad de vida de los habitantes de la Ciudad de Trujillo, mediante la construcción de una planta de tratamiento, y de un relleno sanitario controlado, para la ubicación y tratamiento de los residuos sólidos urbanos.

Palabras clave: Gestión, tratamiento, residuos sólidos urbanos, Trujillo.

## **ABSTRACT**

The present thesis is focused to the elaboration of an administration for the treatment of urban solid residuals (RSU) in Trujillo district that allows negotiating the generated residuals appropriately. Inside the activities that were carried out it conformed a starting point basically with the identification of the current condition of the handling of the residuals of the area in study from their generation until their final disposition, as well as of the composition of the same ones, besides the population's socioeconomic and cultural characteristics.

The first step consisted on the generation study and characterization of the residuals generated in the district, with a sample of 108 housings distributed in 3 socioeconomic strata corresponding to 57,570 inhabited properties, therewith we want to know the current state of the system and to propose solutions to the problems that can arise and to reduce the environmental contamination. It was determined, the population - 2015, the production per capita (PPC) 0.612 Kg/hab/day, thirteen components, the density of 211.52 kg/m<sup>3</sup> and the humidity of 70.16%, also, the number of unit recollected, the type and quantity of RSU that are evacuated daily in Trujillo district (199.34 tn/day), the percentage of covering of service (95% - 100%), the gathering process and the routes.

This work will be good to provide half environmental solutions to improve the environment, to elevate the quality of the inhabitants' of Trujillo's City life, by means of the construction of a treatment plant, and of a controlled sanitary filler, for the location and treatment of the urban accustomed to residuals.

Keywords: Administration, treatment, urban solid residuals, Trujillo.

## ÍNDICE

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| JURADO EVALUDOR ..... | i   |
| PRESENTACIÓN .....    | ii  |
| DEDICATORIA .....     | iii |
| AGRADECIMIENTO .....  | iv  |
| RESUMEN .....         | v   |
| ABSTRACT .....        | vi  |

## CAPÍTULO I

|  |    |
|--|----|
| INTRODUCCIÓN .....   | 2  |
| 1.1. Limitaciones .....  | 5  |
| 1.2. Antecedentes .....  | 6  |
| 1.2.1. Caso Perú .....   | 6  |
| 1.2.2. Ley general del medio ambiente .....  | 7  |
| 1.2.3. Gestión integral de RSU en los municipios de Actopan,<br>San Salvador y el arenal del estado de Hidalgo ..... | 9  |
| 1.2.4. Desarrollo de un plan de manejo de RSU<br>para el municipio del Espinal, Oaxaca .....                         | 12 |
| 1.2.5. Diseño de una planta de tratamiento de RSH y similares<br>en el municipio de Arauca .....                     | 15 |
| 1.2.6. Diseño de proceso para tratamiento de RSU<br>generados en el cono norte de la ciudad de Lima .....            | 16 |
| 1.3. Formulación del problema .....  | 16 |
| 1.4. Objetivos del estudio .....   | 17 |
| 1.4.1. Objetivo General .....  | 17 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos .....   | 17 |
| 1.5. Justificación Del Estudio .....   | 17 |

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

|  |    |
|--|----|
| 2.1. Los Residuos Sólidos. Conceptos Básicos .....   | 22 |
| 2.1.1. Clasificación De Los Residuos Sólidos .....   | 22 |
| 2.1.1.1. Residuos Sólidos Orgánicos .....  | 22 |
| 2.1.1.2. Residuos Sólidos Inertes .....  | 23 |
| 2.1.1.3. Los dos tipos de residuos anteriores<br>pueden ser peligrosos o no peligrosos ..... | 23 |
| 2.1.2. Residuos sólidos urbanos .....  | 24 |
| 2.1.2.1. La problemática de los residuos sólidos urbanos .....                               | 28 |
| 2.1.2.2. Gestión de residuos sólidos urbanos .....   | 31 |

|  |    |
|--|----|
| 2.1.3. Residuos agropecuarios.....   | 36 |
| 2.1.3.1. La problemática de los residuos agropecuarios.....                  | 38 |
| 2.1.3.2. Gestión de residuos sólidos agropecuarios.....                      | 41 |
| 2.1.3.3. Tecnologías para el tratamiento de residuos agropecuarios.....      | 41 |
| 2.1.4. La gestión de residuos sólidos en América Latina y El Caribe.....     | 44 |
| 2.1.4.1. Generación de RSU en América Latina y El Caribe.....                | 45 |
| 2.1.4.2. Composición y características de los residuos.....                  | 46 |
| 2.1.4.3. Cobertura y calidad del servicio en América Latina y El Caribe..... | 47 |
| 2.1.4.4. Tratamientos, recuperación y reciclaje.....                         | 49 |
| 2.1.4.5. Disposición final.....  | 52 |
| 2.1.4.6. Tasas y tarifas.....  | 53 |

### **CAPÍTULO III** **MATERIAL Y MÉTODOS**

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Aspectos característicos generales del ámbito de estudio.....                  | 55 |
| 3.1.1. Ubicación geográfica.....  | 55 |
| 3.1.2. Límites y área del terreno.....  | 56 |
| 3.1.3. Alcance.....   | 58 |
| 3.1.4. Aspectos ambientales.....  | 59 |
| 3.1.4.1. Clima.....   | 59 |
| 3.1.4.2. Precipitación pluvial.....   | 59 |
| 3.1.4.3. Evaporación.....   | 60 |
| 3.1.4.4. Vientos.....   | 60 |
| 3.1.4.5. Vegetación.....  | 60 |
| 3.1.4.6. Hidrografía y fisiografía.....   | 60 |
| 3.1.4.7. Topografía.....  | 61 |
| 3.2. Aspectos Socioeconómicos y Culturales.....                                     | 61 |
| 3.2.1. Aspectos demográficos.....   | 61 |
| 3.2.2. Características de las viviendas y del entorno urbano.....                   | 62 |
| 3.2.3. Características de la educación.....   | 63 |
| 3.2.4. Características de las vías de comunicación en el área de Influencia.....    | 63 |
| 3.2.5. Principales actividades económicas y niveles de ingreso de la población..... | 64 |
| 3.2.6. Organización de la sociedad civil.....                                       | 66 |
| 3.3. Características de los servicios de limpieza pública.....                      | 66 |
| 3.3.1. Servicio de recolección domiciliaria.....                                    | 67 |
| 3.3.2. Recolección de los residuos del comercio.....                                | 67 |
| 3.3.3. Recojo y transporte de escombros.....  | 67 |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.4. Sistema de tratamiento e incineración .....   | 68 |
| 3.3.5. Recolección de contenedores .....   | 68 |
| 3.3.6. Uso de planta de transferencia .....  | 68 |
| 3.3.7. Operación de relleno sanitario .....  | 69 |
| 3.3.8. Servicio de barrido y limpieza de calles .....  | 69 |
| 3.4. Componentes de un sistema de manejo de residuos sólidos<br>en condiciones normales .....              | 69 |
| 3.4.1. Generación de residuos sólidos .....  | 71 |
| 3.4.2. Almacenamiento o acondicionamiento y barrido .....  | 72 |
| 3.4.3. Recolección y transporte .....  | 73 |
| 3.4.4. Tratamiento .....   | 76 |
| 3.4.5. Transferencia .....   | 76 |
| 3.4.6. Disposición final .....   | 77 |
| 3.5. Marco legal para el manejo de los residuos sólidos .....  | 78 |
| 3.5.1. Ley nº 27314 ley general de residuos sólidos .....  | 78 |
| 3.5.2. Decreto legislativo nº 1065, que modifica la ley nº 27314,<br>ley general de residuos sólidos ..... | 80 |
| 3.5.3. Ley nº 28611 ley general del ambiente .....   | 82 |
| 3.5.4. Ley nº 27972 ley orgánica de municipalidades .....  | 83 |
| 3.5.5. Ley nº 29783 ley de seguridad y salud en el trabajo .....   | 83 |
| 3.6. Materiales .....  | 84 |
| 3.6.1. Área de estudio .....   | 84 |
| 3.6.2. Población .....   | 84 |
| 3.6.3. Muestra .....   | 84 |
| 3.6.4. Obtención de muestras e información en los hogares<br>o viviendas .....                             | 85 |
| 3.7. Metodología .....   | 86 |
| 3.7.1. Determinación de la producción de los RSU<br>por habitante o producción per cápita (PPC) .....      | 86 |
| 3.7.2. Determinación de la composición física de los RSU<br>en porcentaje (%) de peso .....                | 87 |
| 3.7.3. Determinación de la densidad de los componentes<br>de los RSU .....                                 | 89 |
| 3.7.4. Determinación de la humedad de los RSU .....  | 90 |
| 3.7.5. Fase de gabinete .....  | 91 |
| 3.7.6. Fase de campo .....   | 91 |

## **CAPÍTULO IV** **RESULTADOS**

|   |    |
|---|----|
| 4.1. Descripción del sistema de barrido de calles, recolección<br>y disposición final de residuos sólidos ..... | 94 |
| 4.1.1. Servicio de barrido de calles y espacios públicos .....  | 94 |
| 4.1.2. Descripción del personal .....   | 97 |

|  |     |
|--|-----|
| 4.1.3. Servicio de recolección de residuos sólidos .....                               | 99  |
| 4.1.4. Descripción del proceso de disposición final de los<br>Residuos sólidos.....    | 105 |
| 4.2. Seguimiento.....  | 110 |
| 4.2.1. Uso de los equipos de protección personal.....                                  | 110 |
| 4.3. Identificación de los puntos críticos del distrito de Trujillo.....               | 112 |
| 4.4. Problemas y deficiencias identificadas durante<br>la visita al campo.....         | 113 |
| 4.4.1. Problemas encontrados.....  | 113 |
| 4.4.2. Deficiencias encontradas.....   | 115 |
| 4.5. Caracterización de los RSU, distrito de Trujillo.....                             | 118 |
| 4.5.1. Población del Distrito de Trujillo.....   | 118 |
| 4.5.2. Viviendas habitadas en el Distrito de Trujillo.....                             | 119 |
| 4.5.3. Determinación de la población muestra.....                                      | 120 |
| 4.5.3.1. Distribución de muestras por zona y estrato<br>Socioeconómico.....            | 121 |
| 4.5.4. Resultados de caracterización de RSU.....                                       | 122 |
| 4.5.4.1. Producción de RSU por vivienda.....   | 122 |
| 4.5.4.2. Producción de los RSU per cápita (PPC).....                                   | 123 |
| 4.5.4.3. Cantidad de RSU que se evacuan<br>diariamente en el distrito de Trujillo..... | 125 |
| 4.5.4.4. Composición física de RSU.....  | 125 |
| 4.5.4.5. Densidad del RSU.....   | 126 |
| 4.5.4.6. Humedad de los RSU.....   | 127 |

## **CAPÍTULO V**

|                |     |
|----------------|-----|
| DISCUSIÓN..... | 128 |
|----------------|-----|

## **CAPÍTULO VI**

|                   |     |
|-------------------|-----|
| CONCLUSIONES..... | 133 |
|-------------------|-----|

## **CAPÍTULO VII**

|                      |     |
|----------------------|-----|
| RECOMENDACIONES..... | 135 |
|----------------------|-----|

## **CAPÍTULO VIII**

|                                 |     |
|---------------------------------|-----|
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 137 |
|---------------------------------|-----|

## **ANEXOS**

|             |     |
|-------------|-----|
| ANEXOS..... | 141 |
|-------------|-----|

# **CAPITULO I**

## INTRODUCCIÓN

La necesidad de administrar los residuos se remonta a los orígenes del propio hombre, adquiriendo valores críticos crecientes a medida que la humanidad abandonaba la vida nómada, adoptando la vida sedentaria y, sobre todo, urbana. En el pasado, los residuos eran constituidos casi exclusivamente por materia orgánica y, como las concentraciones humanas eran pequeñas, su disposición era de fácil solución, no implicando daños mayores a la capacidad de asimilación de la naturaleza.

Al día de hoy, la población del planeta ha superado los 6 mil millones de habitantes y, con un grado creciente de urbanización. La atención a esta demanda ha acelerado la explotación y uso de recursos naturales y, en el otro extremo del ciclo, incrementando la generación de residuos que impactan el medio ambiente, si no son adecuadamente gestionados.

Gran parte del problema se acrecienta con los conceptos de la globalización económica, donde todo se ha vuelto desechable, desde una simple bolsa de plástico hasta computadoras, celulares y automóviles. Con la mención anterior se hace referencia a la cultura del consumismo que parece estar peleada con la ecología y el medio ambiente, lo que lleva consigo el exterminio de especies.

Dichos residuos se han vuelto un problema, debido a la inconsciencia, falta de cultura ecológica y principalmente a la ignorancia. Aún en el siglo XXI seguimos viendo muy grande al planeta para ser afectado por nuestro actual estilo de vida; sin embargo la realidad es otra y hoy en día sufrimos ya los estragos e inicio devastador de las reacciones de la naturaleza a causa del calentamiento global, la falta de agua limpia, extinción de especies de flora y

fauna, hambrunas, la desertificación de los suelos, solo por mencionar algunos problemas.

La gestión Integral para el tratamiento de los residuos sólidos es un problema de carácter mundial que, progresivamente, viene asumiendo dimensiones críticas para la mayoría de los países. Factores como el crecimiento demográfico, el urbanismo, la industrialización, la producción a gran escala y difusión del estilo desechable, no solamente nos llevaron al extraordinario incremento en la generación de residuos, sino que favorecieron el agravamiento del problema por su concentración geográfica (muchas veces en áreas sobrecargadas o ambientalmente frágiles), o por la inserción de residuos progresivamente más peligrosos.

El mejoramiento de la gestión actual de los residuos sólidos urbanos (RSU) a nivel municipal requiere de un trabajo planificado y constante en el tiempo. Los municipios son en esencia la parte funcional gubernamental y son la institución encargada de la recolección, transporte, disposición final y gestión de los RSU.

Dentro del contexto de una política de gestión integral de los residuos, esta función debiera extender a la ejecución o fomento de las actividades que den soporte a la clasificación en origen, transporte segregado, acopio, clasificación y comercialización del material reciclable. En general, esto significa una tarea mucho más compleja, con mayores requerimientos de administración superior, que debe responder en forma más comprometida a una comunidad local que participa activamente en el manejo de los residuos sólidos urbanos (RSU), no solamente en su generación.

La mejor forma de resolver el problema de manejo de residuos sólidos de una comunidad es utilizando un sistema integrado de manejo de residuos sólidos. Actualmente son variadas las alternativas disponibles para realizar una gestión eficiente de los residuos, sin embargo el desarrollo de soluciones integradas requiere de esfuerzos conjuntos entre instituciones públicas, municipios, empresa privada y la ciudadanía, y debe ser diseñado de acuerdo a características locales, en tanto que su operación debe basarse en los recursos municipales: económicos y técnicos. Para localidades pequeñas, la cooperación con comunidades vecinas ofrece muchas ventajas, pueden unir fuerzas y compartir recursos necesarios para promover, por ejemplo, programas de acopio de materiales con valor comercial, reciclaje o compostaje.

La gestión ambiental día a día se alimenta con información que se vuelve obsoleta al paso de unos cuantos meses. Pero así también se genera nueva y valiosa información como resultado de la atención puesta por científicos y tecnólogos a los aspectos que pudiesen afectar los entornos natural y antropogénico.

La gestión de los residuos sólidos ha alcanzado en muchos países un alto rango de importancia, respondiendo a los llamados internacionales por alcanzar la sustentabilidad del medio ambiente y proteger la salud pública, desde un enfoque de la economía de los recursos naturales.

En base a lo anteriormente expuesto, el gobierno local (municipalidad provincial de Trujillo), tiene interés en realizar el tratamiento de los residuos sólidos que se evacuan de la ciudad de Trujillo, mediante una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos, para lo cual debe existir una gestión

integral desde la generación, transporte, ubicación y tratamiento, con producción de humus para el abono de terrenos agrícolas de la región y para el Perú. Y a fin de evitar los impactos ambientales que estos provocan al medio ambiente (suelo, aire, agua, tierra, fauna y flora) y a los seres humanos, por lo que el presente trabajo de tesis está enfocado a la realización de una gestión integral para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Trujillo.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) el distrito de Trujillo cuenta con aproximadamente 69,035 viviendas y 325,712 habitantes al año 2015 (proyección de acuerdo a la población y tasa de crecimiento del INEI, 2007), que generan aproximadamente 72,758 toneladas anuales de RSU, cuyo manejo presenta un rezago por falta de cobertura del servicio de limpia y mostrando malas prácticas en la disposición final de los residuos en perjuicio de la salud y el medio ambiente.

### **1.1. Limitaciones**

Para el desarrollo del presente Proyecto de Investigación se han encontrado las siguientes limitaciones:

- Pocos recursos económicos de los investigadores para desplazarse hasta la zona de estudio, y para realizar los estudios correspondientes o necesarios.
- Poca experiencia en la elaboración de tesis.
- No se cuenta con el tiempo suficiente para desarrollar el proyecto o investigación.

## **1.2. Antecedentes**

### **1.2.1. Caso Perú**

Históricamente el problema de los residuos sólidos (RS) en área urbanas ha sido su eliminación debido a que su presencia es más notoria y su molestia gravita sobre la mayor parte de la población que se concentra en éstas.

Las ciudades de países en desarrollo enfrentan dificultades para establecer un adecuado servicio de recolección y disposición de RS. Lo cual en gran medida se debe a la limitada capacidad de gerencia y falta de visión de las autoridades, crecimiento en los niveles de consumo y generación de RS de la población, la falta de equipamiento adecuado, la inexistencia de sistemas selectivos para el manejo de los distintos tipos de residuos (domésticos, industriales, hospitalarios, etc.) y los inadecuados hábitos de la población, figuran como las principales causas asociadas a su mal manejo.

El Perú, al igual que otros países en vía de desarrollo, viene experimentando un crecimiento urbano explosivo; se estima que cada año, aproximadamente 150,000 personas emigran al área metropolitana de Lima, constituyendo un tercio de la población nacional. Este nivel de urbanización ha cambiado significativamente la naturaleza del desarrollo urbano y económico del país, dificultando un adecuado servicio de recolección y disposición de RS.

Dadas estas condiciones surge la necesidad de estudiar alternativas de gestión de RS que busquen, además de mejorar el actual sistema

de manejo de los residuos, disminuir al nivel de origen la cantidad de RS generados y aumentar las formas de desviación una vez producidos, de modo tal que menos RS sean destinados a disposición final.

En estas condiciones se incrementan los riesgos de contraer enfermedades o producir impactos ambientales adversos, en cada una de las etapas por la que atraviesan los residuos sólidos, debido principalmente a: (Quintanilla, 1992)

- El inadecuado almacenamiento de residuos sólidos en el hogar puede acarrear la proliferación de vectores, microorganismos patógenos, insectos transmisores de enfermedades infecciosas, así como olores desagradables.
- El transporte puede convertirse en un medio de dispersión de residuos sólidos por la ciudad y eventualmente causar accidentes ocupacionales.

La disposición final de los residuos sólidos sin tratamiento previo, conlleva a problemas de contaminación de suelo y enfermedades ocupacionales en manipuladores de residuos sólidos, disminuyendo la vida útil de los vertederos, aumentando los costos asociados a la creación de nuevos vertederos. (Quintanilla, 1992).

### **1.2.2. Ley general del medio ambiente**

La Ley General del Ambiente en su artículo I, menciona 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, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva; sin embargo, en la ciudad de Trujillo este artículo no se viene cumpliendo a cabalidad, debido al avance del incremento poblacional y a la falta de capacidad técnica operativa del servicio de gestión de residuos sólidos municipales, por parte de la Municipalidad Provincial de Trujillo.

En este sentido y, con la finalidad de asegurar un ambiente saludable a la población, se propone el presente proyecto denominado tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Trujillo, provincia Trujillo, La Libertad.

El saneamiento ambiental del distrito de Trujillo, mejorará el nivel y calidad de vida del poblador e indirectamente aumentará los ingresos por los tributos recaudados del municipio, vía el establecimiento de un sistema de cobranza por el servicio de recolección de residuos sólidos domiciliarios y el de limpieza pública, así como el mantenimiento del sistema de agua potable y el tratamiento de las aguas residuales. (MPT, 2012)

El Marco de Política Ambiental sobre el cual se realiza el presente proyecto es el siguiente:

- Constitución política del Perú Art. 2º inciso 22
- Ley 28611 – Ley General del Ambiente
- Ley Nº 27314 Ley General de Residuos Sólidos
- DL 1065- Modificatoria de la Ley de Residuos Sólidos
- Ley Nº 27972 Ley Orgánica de Municipalidades

- Ley N° 29325 Art. 23, Num. 23.1 Ley del Sistema Nacional de Evaluación y Fiscalización Ambiental
- D.S. N° 002-2009-MINAM Decreto Supremo que aprueba el reglamento sobre Transparencia, Acceso a la información Pública Ambiental y Participación y Consulta Ciudadana en Asuntos Ambientales.
- R.N° 192-2007-CONAM-PCD Aprueban la propuesta e Límites Máximos Permisibles (LMP) de efluentes líquidos y para emisiones.
- Plan Nacional de Residuos Sólidos.

### **1.2.3. Gestión integral de residuos sólidos urbanos en los municipios de Actopan, San Salvador y El Arenal del estado de Hidalgo.**

**Autor:** Gabriela Sánchez Olguín

**País :** México

**Año :** 2007

#### **RESUMEN**

La presente investigación se llevó a cabo para presentar un plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (GIRSU) en una zona semi-rural del estado de Hidalgo, que permita una transición de gestión tradicional a una de tipo integral. Dentro de las actividades que se realizaron se conformó un punto de partida básicamente con la identificación de la condición actual del manejo de los residuos de la zona en estudio, así como de la composición de los mismos, además de las características socioeconómicas y culturales de la población. Los municipios en estudio son Actopan, San Salvador y El Arenal ubicados en el estado de Hidalgo.

Como antecedente se tiene que esta Entidad se encuentra ubicada en la parte central de la República Mexicana, cuenta con una superficie aproximada de 20,000 km<sup>2</sup>, dividida en 84 municipios y tiene una población de 2,235,591 habitantes que generan aproximadamente 1,802 ton/día de residuos sólidos urbanos (RSU). La infraestructura de manejo de RSU en la entidad dispone de cuatro rellenos sanitarios localizados en los municipios de Pachuca de Soto, Tula de Allende, Tepeji del Río y Huichapan, mientras que en el resto de tiraderos a cielo abierto.

La zona de estudio muestra una gestión tradicional en el manejo de sus residuos sólidos, ya que la disposición de los residuos se realiza en basureros a cielo abierto, la recuperación de materiales aprovechables, se hace por parte de personas de muy bajos recursos económicos y en condiciones antihigiénicas, además comúnmente se practica la incineración de residuos a falta del servicio de limpia en muchas de las localidades. Esta situación coloca al estado de Hidalgo en una posición no muy favorable en el manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos urbanos frente a otros estados de México, por lo que la misma, puede ser punto de partida para la planificación de la gestión integral de los residuos sólidos urbanos en esta zona.

Aunado a lo anterior se determinó la composición de los residuos sólidos urbanos de la zona en estudio de la que se cita la composición grupal de los materiales más representativos de los RSU presentes en la zona de estudio: residuos de fermentación rápida con 24.4%, residuo fino con 14.6%, pañal desechable con 12.0%, plásticos con 11.5 %, papel y cartón con 11.4 %, otros con

9.8%, metales con 4.6% y triviales con 11.7%. En contraparte, la composición de los RSU en volumen corresponde a plásticos con 45.6%, papel y cartón con 20%, pañal desechable con 5.8%, otros con 5.1%, metales con 5%, residuos de fermentación rápida con 3.8%, residuos finos con 2.2%, fibra dura vegetal con 2.0% y triviales con 10.5%.

La evaluación de los resultados de esta investigación denota dos cuestiones importantes. Por un lado la factibilidad de aplicar un plan de gestión regionalizada debido a que los municipios presentan características similares en el aspecto socioeconómico y cultural, así como en el manejo y composición de sus residuos sólidos. También se logró determinar que existe una transformación de la composición de los residuos sólidos urbanos a través del tiempo y que los datos disponibles de hace una década, ya son obsoletos.

Se presenta una propuesta enfocada en aspectos administrativos, de educación y tecnológicos. Iniciando la jerarquización del manejo de residuos sólidos urbanos con su minimización y promoviendo su valorización con el reciclaje y transformación. La educación ambiental resulta de gran importancia y actualmente en Actopan existen programas interesantes aplicados en algunos planteles educativos, los cuales se pueden extender en el resto de la zona de estudio. En el caso particular de los residuos de fermentación rápida se propone su composteo a nivel domicilio y/o municipal y la aplicación de la composta como reparador de suelos; además la compactación de plásticos ya que estos han surgido como nuevos

protagonistas de donde se puede aprovechar el reciclaje del PET para su transformación en otros productos.

Se realizó un análisis físico-químico de una composta desarrollada con residuos alimenticios de la zona en estudio. La determinación de éstas propiedades arrojó el siguiente resultado: pH de 6.47, Humedad de 41.33%, Cenizas de 61.33%, Materia Orgánica de 38.67%, Carbono Orgánico de 22.43%, Nitrógeno Total de 0,97%, Fósforo Total de 0.24% y una relación C/N de 24.44.

#### **1.2.4. Desarrollo de un plan de manejo de RSU para el municipio de El Espinal, Oaxaca.**

**Autor:** ALFREDO CASTILLEJOS HERRERA

**País :** México

**Año :** 2010

#### **RESUMEN**

El presente trabajo está enfocado a la elaboración de un plan de manejo de residuos sólidos urbanos para el municipio de El Espinal, Oaxaca, que permita gestionar adecuadamente los residuos generados. En la actualidad, el rubro de los residuos representa un rezago como municipio ya que solo logra una cobertura del 80% además, presenta condiciones de disposición final violatorias de la legislación vigente en materia de residuos y no cuenta con un plan de manejo que garantice un buen servicio a la población y la minimización de efectos adversos a la salud y el medio ambiente.

El primer paso consistió en el estudio de generación y caracterización de los residuos generados en el municipio. Para la selección de la muestra se utilizó un nivel de riesgo de 0.2 ( $\alpha=0.2$ )

que condicionó el estudio a un tamaño de muestra de 50 viviendas, ya que mientras mayor control y conocimiento se tenga de la población a muestrear es menor el número de viviendas a elegir, sin embargo se adicionaron dos números más, lo que hace que la muestra sea de 52 viviendas esto con el fin de contar con dos viviendas conocidas que sirvieran de control para evaluar las dificultades que se enfrentan al entregar de forma separada los residuos sólidos urbanos (RSU). El criterio de Dixon fue utilizado para eliminar aquellas mediciones sospechosas dentro de la muestra, resultando una medición eliminada, quedando finalmente de 51 viviendas el número de la muestra utilizada para el estudio. La distribución del estudio fue empleada a fin de verificar el tamaño de la muestra con base en la desviación estándar de la muestra; no se requirieron muestras adicionales para lograr la confiabilidad deseada con el mínimo error muestral calculado. Por lo que la muestra queda finalmente en 51 observaciones o mediciones tomadas de la población para una confiabilidad de al menos el 80 % es decir, el muestreo es aceptable y no requirió de muestras adicionales. La generación que se obtuvo para el municipio de El Espinal fue de 0.646 kg/día-hab.

Por lo tanto en el municipio de El Espinal, que cuenta con una población de 8,597 habitantes en 2009 (tomando como base el CONTEO INEGI, 2005), se tiene una generación diaria de residuos sólidos urbanos de 5.55 toneladas aproximadamente.

El siguiente paso fue llevar a cabo el estudio de caracterización de los residuos, donde se encontró una proporción en peso de 68% de residuos orgánicos y 32% de residuos inorgánicos, siendo

susceptible de ser aprovechados más del 80% de los RSU totales generados.

En la integración del plan se identificaron acciones a seguir para un manejo adecuado de los RSU en el municipio de El Espinal: 1) Un relleno sanitario tipo D, ya que se trata de una población que genera menos de 10 ton/día, con un volumen requerido de 120,522 m<sup>3</sup> y un tiempo de vida de 12 años; 2) Barrido manual, usando el método de limpieza por ruta fija; 3) Utilizar recipientes de plástico para almacenamiento de los residuos; 4) El método de acera es el recomendado para la recolección de los RSU; 5) Se diseñaron tres rutas de recolección las cuales se deben recorrer dos veces por semana cada una, considerando seis días de trabajo y uno de descanso, logrando una cobertura del 100%; 6) Se propone un centro de acopio donde serán separados y acondicionados los residuos para su venta y la elaboración de composta de residuos orgánicos por montículos, esta opción requiere una inversión de 2 millones de pesos al implantarse, incluyendo la adquisición de un camión recolector de 20 yd<sup>3</sup> de capacidad con doble cámara de compactación para recepción separada de RSU, teniéndose un ingreso económico anual de 392,024 pesos, el cual podría ser considerado como un ahorro ya que permitirá pagar por un lado los gastos corrientes y por otro amortizar el pago de la inversión que será recuperada en un tiempo de 5 años.

Finalmente, con una serie de acciones de educación ambiental, participación de la población, estrategia de 3 R's y buenas prácticas municipales, el manejo de los RSU puede llevarse a cabo de manera eficiente.

### **1.2.5. Diseño de una Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos Hospitalarios y Similares en El Municipio de Arauca, Capital.**

**Autor:** Jhonatan Andres Blanco Abril

**País :** Colombia

**Año :** 2005

#### **RESUMEN**

La disposición final de los residuos sólidos hospitalarios no es un problema exclusivo del Municipio de Arauca, por el contrario el mundo entero realiza acciones para el adecuado manejo y tratamiento de este tipo de residuos. Caso aparte es que en Colombia sea un tema recientemente tratado y reglamentado pues apenas en el año 2000 se dicta el decreto 2676 el cual regula el manejo de este tipo de residuos.

Este trabajo de investigación busca darle al Municipio de Arauca una opción rentable y eficiente para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos hospitalarios, mediante el diseño de una planta de tratamiento donde la tecnología seleccionada es la incineración, allí los procesos dejaran resultados como la eliminación instantánea de los residuos, una reducción de un 90% del volumen inicial y de un 70% del peso inicial, destrucción de patógenos etc.

Para la obtención de la información primaria y secundaria se realizó una caracterización de los RSH dentro del área urbana del Municipio de Arauca apoyada con una recopilación de datos en entidades como IDESA y CORPORINOQUIA. A su vez se diseñó una planta piloto para la debida incineración de los RSH con el fin de obtener muestras para los análisis de laboratorio.

### **1.2.6. Diseño de Proceso para Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) Generados en El Cono Norte de la ciudad de Lima.**

**Autor:** R. Erazo Erazo y J.C Woolcott Hurtado

**País :** Perú

**Año :** 2003

#### **RESUMEN**

En este trabajo se propone un proceso para el tratamiento de los residuos sólidos urbanos (RSU) generados en El Cono Norte de Lima. La planta se instalará en el distrito de Puente Piedra, región de Lima. La capacidad de tratamiento es de 1500 TM/día y se produce etanol, metano y diésel 2 como productos de valor agregado, asimismo se logra una reducción superior al 80% en volumen de RSU destinado actualmente a la disposición final en los rellenos sanitarios de Zapallal y La Vizcacha. El impacto de la implementación de este proceso será positivo tanto en los aspectos tecnológicos, económicos y ambientales.

### **1.3. Formulación del Problema**

¿Cómo es la Gestión Integral para el Tratamiento de Residuos Sólidos en el Distrito de Trujillo. Provincia Trujillo. La Libertad?

## **1.4. Objetivos del estudio**

### **1.4.1. Objetivo General**

Realizar la Gestión Integral para el tratamiento de Residuos Sólidos en el Distrito de Trujillo. Provincia Trujillo. La Libertad

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar el diagnóstico del manejo de los residuos sólidos urbanos en el distrito de Trujillo.
- Describir los servicios de barrido, recolección y disposición final de los residuos sólidos del distrito de Trujillo.
- Determinar la cantidad de residuos sólidos que se evacuan diariamente en el distrito de Trujillo.
- Contribuir al desarrollo sustentable y a la protección y conservación del medio ambiente en el distrito de Trujillo.
- Proponer una planta para el adecuado tratamiento de residuos sólidos del distrito de Trujillo.
- Elaborar un plan para una gestión y tratamiento de los residuos sólidos en el distrito de Trujillo.
- Proponer un plan de educación ambiental para el manejo de residuos sólidos del distrito de Trujillo.

## **1.5. Justificación del Estudio**

*“¿Es posible que el último fin de la ciencia sea suministrar al hombre todo el placer posible y ahorrarle todas las molestias que puedan evitarse?”*

*Federico Nietzsche*

Es preciso pensar, que en esencia, esa es la finalidad de la ciencia. Hoy en día podemos disfrutar de gran número de comodidades, de gustos y placeres. Es tan cómodo ceder ante un mundo consumista, es tan fácil adquirir un bien sin siquiera percibir el costo ambiental que ello involucra. Los recursos naturales tienen un punto en el cual su sustentabilidad está en juego, y eso no afecta solo a la economía social, también afecta al planeta, el calentamiento global, el llamado cambio climático; se afecta el abasto de alimentos, a las necesidades fisiológicas más elementales; a la salud, a la sobrevivencia de los seres vivos; a la destrucción de la economía natural, a la ecología.

El llamado así progreso, bajo el nombre del cual se hacen ahora las cosas, nos ha librado de muchas molestias, así es en efecto. La práctica nos ha demostrado que toda acción tiene una reacción, es un principio universal, y en cierta medida esta reacción es contraproducente hacia el medio ambiente que establece los parámetros bajo los cuales el ser humano vive. Hoy en día, al presentarse los efectos perniciosos, la tendencia es que todo emprendimiento deba tener un enfoque degradable, reversible, amigable, sustentable; debe priorizar que sus consecuencias no sean nocivas.

Ante lo ya ocurrido, es necesario buscar en la ciencia misma soluciones para dar marcha atrás en los daños causados y que anulen los efectos adversos al medio ambiente. El problema de los residuos que cada individuo genera como parte de su existir, es enorme, diverso y

complejo. Los volúmenes son cada vez más altos y las consecuencias aún mayores.

El distrito de Trujillo no cuenta con una adecuada gestión integral para el tratamiento de residuos sólidos y el lugar para su disposición final no se utiliza de manera correcta, ya que la basura se deposita sin clasificación alguna a cielo abierto, y ocasionalmente es incinerada.

Ante dicha situación hay que considerar la necesidad de proponer una adecuada Gestión Integral para el tratamiento de los residuos sólidos, de tal forma que la generación, el manejo y la disposición final de los residuos sólidos sea un asunto controlado, de participación conjunta entre gobierno y ciudadanía.

Un aspecto muy relevante en la gestión integral para el tratamiento de los residuos consiste en conocer los impactos ambientales de las diferentes prácticas de tratamiento existentes. El aumento en la generación de residuos producida en la Región La Libertad y en particular en el distrito de Trujillo durante los últimos años supone que las actividades de producción y consumo están incrementando las cantidades de materiales que cada año se devuelven al medio ambiente de una forma degradada, amenazando potencialmente la integridad de los recursos renovables y no renovables.

La realidad planteada acerca de los residuos sólidos en el distrito de Trujillo, demuestran la importancia y necesidad de contar con un tratamiento adecuado de residuos sólidos, que contribuirá entre otras cosas, a contar con un sistema de recolección de basura con mejor

cobertura, clasificación, y aprovechamiento de la misma; y por supuesto contar con un lugar adecuado para su disposición final, lo cual fomentará el reducir los impactos negativos al medio ambiente y a la población.

Además, la gestión integral para el tratamiento de residuos sólidos posee una amplia variedad de potenciales impactos sobre el medio ambiente, ya que los procesos naturales actúan de tal modo que dispersan los contaminantes y sustancias peligrosas por todos los factores ambientales (aire, agua, suelo, paisaje, así como las áreas urbanas y asentamientos poblacionales, etc.). La naturaleza y dimensión de estos impactos depende de la cantidad y composición de los residuos así como de los métodos adoptados para su manejo.

Este proyecto de Gestión Integral para el tratamiento de residuos sólidos en el distrito de Trujillo genera beneficios económicos, sociales y ambientales. Los beneficios son aquellos que permiten a los pobladores del distrito de Trujillo, incrementar su nivel de bienestar, sin contaminación ambiental y elevar la calidad de vida.

**CAPÍTULO II**  
**MARCO TEÓRICO**

## **2.1. Los residuos sólidos. Conceptos básicos.**

Se entiende por residuo todo material que es destinado al abandono por su productor o poseedor, pudiendo resultar de un proceso de fabricación, transformación, utilización, consumo o limpieza.

Los residuos pueden clasificarse en sólidos, líquidos y gaseosos, de acuerdo a su estado físico. Agregándose los residuos pastosos, que comúnmente aparecen como producto de las actividades humanas.

### **2.1.1. Clasificación de los residuos sólidos.**

Los residuos sólidos han sido clasificados de diversas maneras. Estructuralmente mantienen ciertas características desde su origen hasta su disposición final. Los diferentes usos de los materiales, su biodegradabilidad, combustibilidad, reciclabilidad, etc., juegan un papel importante en la percepción de quien los clasifica, presentándose algunas discrepancias entre una u otra clasificación. Tratando de respetar la estructura química, el origen y destino final potencial de los residuos sólidos, se presenta la siguiente clasificación:

#### **2.1.1.1. RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS.**

Son los materiales residuales que en algún momento tuvieron vida, formaron parte de un ser vivo o derivan de los procesos de transformación de combustibles fósiles.

**PUTRESCIBLES.** Son los residuos que provienen de la producción o utilización de materiales naturales sin transformación estructural significativa. Por ello y por su grado de humedad

mantiene un índice alto de biodegradabilidad: residuos forestales y de jardín, residuos animales, residuos de comida, heces animales, residuos agropecuarios y agroindustriales, entre otros.

**NO PUTRESCIBLES.** Residuos cuyas características biológicas han sido modificadas al grado que en determinadas condiciones pierden su biodegradabilidad. Comúnmente son combustibles.

- **Naturales.** La condición determinante de la pérdida de biodegradabilidad es la falta de humedad: papel, cartón, textiles de fibras naturales, madera, entre otros.
- **Sintéticos.** Residuos no biodegradables altamente combustibles, provenientes de procesos de síntesis petroquímica: plásticos, fibras sintéticas, entre otros.

#### **2.1.1.2. RESIDUOS SÓLIDOS INERTES.**

Residuos no biodegradables ni combustibles que provienen generalmente de la extracción, procesamiento o utilización de los recursos minerales: vidrio, metales, residuos de construcción y demolición de edificios, tierras, escombros, entre otros.

#### **2.1.1.3. LOS DOS TIPOS DE RESIDUOS ANTERIORES PUEDEN SER PELIGROSOS O NO PELIGROSOS.**

Quedan definidos por una o más de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad

y Biológico Infeccioso. Por sus características físicas, químicas o biológicas pueden o no ser acoplados a procesos de recuperación o transformación, y en casos extremos tratarse para su incineración o confinamiento controlado.

Independientemente de su origen o estructura, los residuos sólidos son factibles de reutilizarse, recuperarse o reciclarse. La tecnología disponible, el nivel de concientización y los recursos legales son factores decisivos para llevar a cabo algún método de gestión. La disponibilidad de recursos económicos juega un papel importante, pero estos no deben ser determinantes para lograr la gestión de los residuos sólidos de una forma que armonice con el medio ambiente y la salud pública.

De acuerdo a la fuente generadora, estos pueden ser:

- Residuos Sólidos Urbanos
- Residuos de Construcción (residuos sólidos inertes)
- Residuos Agropecuarios
- Residuos Clínicos o Sanitarios
- Residuos Sólidos de Depuradoras de Agua (lodos)
- Residuos de Incineración
- Residuos Industriales

### **2.1.2. Residuos sólidos urbanos.**

Los residuos sólidos urbanos (RSU), conocidos comúnmente por “basuras”, que se producen en los núcleos de población constituyen un problema para el hombre desde el momento en que su generación alcanza importantes volúmenes y, como consecuencia, empiezan a invadir su espacio vital o de esparcimiento.

Se incluyen dentro de los residuos sólidos urbanos todos los que se generan en la actividad doméstica, comercial y de servicios, así como los procedentes de la limpieza de calles, parques y jardines. Según la procedencia y la naturaleza de estos residuos se pueden clasificar en:

- **Los residuos domiciliarios** son residuos sólidos procedentes de la actividad doméstica, como residuos de la cocina, restos de comida, desperdicios de la calefacción, papeles, vidrios, material de embalaje y demás bienes de consumo, adecuados por su tamaño para ser recogidos por los servicios municipales normales. Se incluyen los residuos de domicilios colectivos, tales como cuarteles, residencias, asilos, etc.
- **Los residuos voluminosos** son residuos de origen doméstico, tales como grandes embalajes, muebles, etc., y que debido a sus dimensiones no son adecuados para su recolección por los servicios municipales normales, pero que pueden ser eliminados junto con los residuos domiciliarios.
- **Los residuos comerciales y de servicios** son los residuos generados en las distintas actividades comerciales (tiendas, mercados, almacenes, centros comerciales, etc.) y del sector de servicios (bancos, oficinas, centros de enseñanza, etc.). Por sus características específicas, no están incluidos aquí los residuos procedentes de la actividad sanitaria, ni los generados en los mataderos.

- **Los residuos de limpieza de vías y áreas públicas** son los procedentes de las actividades de limpieza de calles y paseos y de arreglo de parques y jardines (hierba cortada, hojarasca, troncos y ramas de hasta un metro de longitud, etc.)

La naturaleza de los residuos sólidos urbanos es enormemente variada y debe estudiarse en cada momento y en cada localidad, ya que, en efecto, los RSU varían:

- **Según su ORIGEN**, puesto que pueden ser domésticos, procedentes de industrias o de establecimientos comerciales, de la limpieza de las calles o de los edificios públicos, etcétera.
- **Según el LUGAR DE PROCEDENCIA**, las zonas urbanas producen más papel, plásticos y residuos de manufactura, enlatados, etc.; las zonas rurales tienen una producción de residuos más orgánica.
- **Según la VARIACIÓN CLIMÁTICA**, en verano se suelen consumir más verduras y frutas y en invierno se suelen producir más cenizas. El encrudecimiento de un invierno puede repercutir considerablemente en la producción de los residuos.
- **Según el NIVEL DE VIDA**, la población con mejor economía suele producir más residuos; en zonas deprimidas se consume menos. El nivel de vida influye también en la cantidad de basura, siendo más abundante en las zonas residenciales que en los barrios pobres. En estos últimos, además de consumirse

menos, se aprovechan los bienes al máximo, usándose los envases después de vaciados, reciclando, en una palabra, la mayor parte de los materiales de desecho, revendiendo el papel y el cartón, etc. Los ciudadanos más adinerados no reutilizan las latas, cartones de embalajes, envases de vidrio, periódicos viejos y objetos variados.

- **Según las VARIACIONES ESTACIONALES**, en verano, con las vacaciones, se producen menos RSU en fábricas y comercios, siendo además la composición más variable en los residuos domésticos. Por otra parte, la salida de vacaciones de los ciudadanos tiene como resultado una disminución considerable de los residuos en las ciudades. Este fenómeno se da asimismo los fines de semana, con el traslado de una gran cantidad de población desde sus residencias habituales a las segundas residencias de descanso en el campo: los residuos de los que quedan en las ciudades suelen ser muy distintos a los residuos de los días laborables.

De todas estas variaciones, sin duda alguna, la más importante en la composición de los residuos es el aumento del nivel de vida, siendo también el factor más influyente a largo plazo para la gestión de los RSU. La composición de los residuos puede ir evolucionando en una ciudad de forma considerable en función del cambio de vida de sus habitantes.

### **2.1.2.1. La Problemática de los Residuos Sólidos Urbanos**

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

Antiguamente, las basuras no eran un motivo de preocupación, ya que su eliminación se producía de forma más o menos natural. Incluso hoy día la eliminación de los residuos sólidos urbanos en algunos municipios rurales no constituye un problema, al realizarse directamente a través de la actividad agrícola y ganadera, o bien en los fogones de las cocinas caseras, aprovechando además las cenizas para el campo, lo que puede considerarse como uno de los procedimientos más primitivos.

Como causas del considerable aumento de la producción de RSU en últimos años cabe mencionar el desarrollo industrial, la actividad fabril, las aglomeraciones en torno a las ciudades e incluso, en algunos casos, el desarrollo desproporcionado de algunos municipios rurales.

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

Los residuos constituyen además un problema social, cuya gestión medioambiental y económica necesita encontrar soluciones urgentes que eviten su incidencia ambiental negativa.

Cabe destacar tres aspectos importantes en esta problemática ambiental de los RSU:

- Los riesgos sanitarios, es decir, los posibles riesgos de contraer o transmitir enfermedades o lesiones a través del contacto con las basuras, si no se recogen y eliminan adecuadamente. Los depósitos incontrolados de basuras producen olores desagradables y riesgos para la salud de las personas, debido a la presencia de cantidad de roedores, insectos y otros agentes portadores de enfermedades.
- Los depósitos de basuras y los basureros incontrolados producen impactos negativos sobre los cuerpos de agua del entorno, ya que los líquidos lixiviados pueden alcanzar y contaminar fuentes superficiales o subterráneas de agua potable o de riego agrícola, así como cuerpos de agua de interés para la acuicultura y el turismo.
- El deterioro y contaminación del entorno que producen las grandes acumulaciones de basura dispersas en el territorio de forma incontrolada. Se producen molestias a las personas que viven en las proximidades por la presencia de polvo, papeles y plásticos que se extienden por los alrededores al ser transportados por el viento.

Particularmente, la gran cantidad de plásticos y desechos artificiales no biodegradables constituyen un serio problema, pues producen alteraciones importantes del paisaje en las zonas próximas y a veces distantes de los lugares de descarga de basura. Incluso estos productos no biodegradables, que no se integran en el medio con el paso del tiempo y que no pueden ser mineralizados por los organismos descomponedores, pueden llegar a perjudicar e impedir totalmente los procesos de autogeneración natural de las cubiertas vegetales.

La falta de un servicio adecuado de recolección de los RSU ocasiona las acumulaciones sin control de basura que aparecen por ciudades, campo, cunetas de las carreteras y zonas de esparcimiento (humedales, lugares de recreo, etc.)

La producción, recolección, transporte y eliminación de las basuras no debería constituir un problema en ningún país, pues existen técnicas adecuadas para resolver cualquier casuística que se plantee en esta materia. Sin embargo, la escasez de recursos económicos en la gran mayoría de los municipios impide adoptar las soluciones más adecuadas.

El tema de la recuperación de materiales y desechos existentes en la basura alcanza cada día mayor auge, debido a la crisis de energía, al encarecimiento de las materias primas y al aumento de precio que algunas de ellas han experimentado en los últimos tiempos. Todo ello ha conducido a considerar seriamente la posibilidad de recuperación de materiales a través del reciclado,

una vez que las basuras han sido descargadas en las plantas de tratamiento, e incluso antes, mediante la puesta en marcha de campañas de recuperación previa a través de la colocación de contenedores específicos, como en el caso del vidrio, el papel, cartón, pilas, etc., cuyos productos interesa separar del resto de la basura, bien por el alto valor que alcanzan en el mercado, o para evitar una posible contaminación por la presencia de metales pesados o productos especiales que no deben entrar en contacto con la basura.

#### **2.1.2.2. Gestión de Residuos Sólidos Urbanos**

Tradicionalmente el camino recorrido por los residuos, desde su generación hasta su disposición final, se ha mantenido en la mayoría de los países en desarrollo, con marcadas excepciones en aquellos que aprovechan alguno de sus constituyentes. Esto, ya sea por una marcada necesidad de recursos, o en el mejor de los casos por una cultura de equilibrio con la naturaleza, transferida de generación en generación.

El manejo tradicional de los residuos sólidos urbanos, mantenido en la mayoría de las ciudades en desarrollo y de las comunidades rurales, incluye rigurosamente las siguientes etapas:

- a) Generación de los residuos y acumulación de los mismos en contenedores improvisados.
- b) Recolección domiciliaria de residuos en camiones con o sin alguna adaptación de apoyo para la carga y descarga de contenedores en cada domicilio. En algunos casos se han

empleado vehículos con compresión de residuos y niveles accesibles de carga y descarga.

- c) Transporte de los residuos a los basureros.
- d) Disposición final de los residuos en basureros a cielo abierto.
- e) Recuperación de materiales aprovechables, por parte de personas de muy bajos recursos económicos y en condiciones antihigiénicas.
- f) Combustión de los residuos restantes.

Otras etapas no generalizadas, ya sean por el nivel socioeconómico de la población o por las características del lugar, pueden ser:

- a) Selección, almacenamiento y venta de los materiales aprovechables. Estas actividades se realizan previamente al depósito de los residuos en los recipientes para basura. El tipo y cantidad de materiales recuperados dependen de la oferta y la demanda del mercado en un momento dado.
- b) Combustión de los residuos para calentamiento de agua o para preparación de alimentos. Esta actividad se da mayoritariamente en el área rural y aprovecha principalmente residuos de cultivos, papel y cartón.
- c) Combustión de los residuos de jardinería. Esta etapa se realiza antes de la recolección domiciliaria. En muchas ocasiones, por falta de un buen servicio de recolección, se incorporan también los demás residuos acumulados, preferentemente residuos de papel y cartón u otros residuos combustibles, como plásticos.

- d) Acumulación de los residuos orgánicos comestibles en pequeños recipientes. Se destinan a la alimentación de animales de granja, comúnmente cerdos y aves de corral. También ocurre mayoritariamente en la zona rural y en domicilios con patios reservados para la cría de animales.

Una característica común del manejo tradicional de los residuos sólidos urbanos es el orden indisposición final, con respecto a su gestión integral, de la prioridad otorgada a las distintas etapas y alternativas posibles de valorización de los materiales potencialmente recuperables o aprovechables. La disposición final, en basureros o rellenos sanitarios, resulta ser la primera de las alternativas previstas para la destrucción o desaparición de los residuos generados. La valorización de los residuos se vuelve una alternativa catalogada como costosa y altamente tecnificada.

En la gestión tradicional de los residuos sólidos urbanos se hace a un lado que la razón principal de la comercialización de los materiales recuperados en los basureros o en los propios domicilios, es la demanda que existe de los mismos. Todas las previsiones que se realicen para reducir su generación o para recuperarlos con buena calidad aseguran su utilidad futura, desde la simple reutilización hasta su aprovechamiento como materia prima en los procesos de transformación industrial.

El reciclaje de vidrio, metal, papel y cartón y el compostaje de la fracción orgánica de los residuos se realiza en escala muy baja. La reducción en la fuente y las actividades educativas tendientes a

la minimización de los residuos son muy poco socorridas dentro del marco de la gestión tradicional de los residuos.

Los sistemas de recolección y de transporte generalmente son deficientes y la falta de recursos económicos de los organismos responsables de la gestión impide la aplicación de buenas estrategias de mejoramiento.

Debido a su crítico papel en la protección ambiental y el mejoramiento de la productividad, debería ser una prioridad para las ciudades del tercer mundo la formalización de la gestión efectiva de los residuos sólidos, sin embargo, es un servicio costoso que consume entre 20 y 50 % de los presupuestos operacionales disponibles para los servicios municipales, todavía atendiendo no más que el 70 % de la población. Los no servidos son casi siempre la población creciente de bajos ingresos concentrada en las áreas periurbanas. Es un reto formidable reducir el déficit de servicios y mantener el paso de los requerimientos de la rápida urbanización (Bartone, C. R. y Bernstein, J. D., 1993).

Villegas L., C. A. (1990), señala consideraciones económicas e institucionales para explicar la disminución o el estancamiento en la prestación del servicio de gestión y disposición de los residuos sólidos domésticos e industriales. Estima que la población de América Latina y el Caribe producen diariamente 220,000 toneladas de residuos sólidos, alcanzándose a recolectar el 70 % de la producción urbana y a disponer sanitariamente sólo el 14 %.

La regionalización ha emergido como una herramienta valiosa en la gestión de residuos sólidos municipales. Los recursos limitados para financiar las actividades de gestión y otras restricciones han llevado a muchas comunidades rurales y pequeñas comunidades a perseguir la regionalización como un medio para implantar la gestión integral de residuos y otros programas de gestión regional. Las ventajas incluyen mayor flexibilidad y economías de escala más grandes, mientras que las limitaciones incluyen metas de gestión posiblemente conflictivas y desigualdad potencial entre comunidades. La US-EPA (1994) ha emitido guías para iniciar planes de regionalización y casos de estudio que ilustran proyectos exitosos basados en la confianza pública, corporaciones públicas no lucrativas, acuerdos intergubernamentales y consejos regionales.

Hueber, D., (1991), analiza la situación de la gestión de los residuos y las opciones tecnológicas, legales y organizativas, para un plan de gestión ambiental en Costa Rica. Señala los siguientes objetivos: organización armónica entre los entes públicos y privados; leyes, reglamentos y normas técnicas que permitan un servicio de gestión de residuos eficiente y económicamente sostenible; propuestas para reducir los residuos ordinarios y peligrosos y mejorar la capacidad para su reciclaje y reuso; diseño de un programa de educación no formal dirigido a la comunidad, para que asuma un papel activo en la solución del mal manejo de los residuos, y presentación de estrategias administrativas y concepciones tecnológicas.

### **2.1.3. Residuos agropecuarios.**

Los residuos agropecuarios son considerados en general de naturaleza orgánica. Como tales, comparten características similares con otros residuos de origen agroindustrial y con la parte orgánica de los residuos sólidos urbanos. A diferencia que los residuos agropecuarios se producen en su entorno natural, mientras que los de origen agroindustrial son generados en procesos de transformación de productos agrícolas y los urbanos se generan en el proceso de consumo, junto con otros no orgánicos.

Los residuos agropecuarios abarcan los siguientes grupos:

- Residuos agrícolas.
- Residuos forestales.
- Residuos ganaderos.
- Residuos de industrias agropecuarias.

Los residuos agropecuarios presentan algunas propiedades favorables que pueden dar origen a su aprovechamiento en los sectores energético, agrícola, ganadero e industrial.

Entre esas propiedades se hallan el poder calorífico, la riqueza en materia orgánica y el potencial de aprovechamiento como materia prima en procesos industriales.

Valor energético. La propiedad energética más importante es el poder calorífico, cuyo valor, para algunos residuos agropecuarios, oscila alrededor de 2,000 y 5,000 kcal/kg (residuos de sarmiento y residuos de pino, respectivamente).

Valor agrícola. Los residuos agropecuarios presentan propiedades favorables para su incorporación al suelo agrícola, como son:

- Riqueza en materia orgánica.
- Nutrientes de gran interés no sólo en N, P, K, sino también en oligoelementos para controlar diversos procesos fisiológicos necesarios para los cultivos.
- Abundancia de agua.
- Fuente de microorganismos necesarios para el suelo.

Para lograr el aprovechamiento agrícola de los residuos se exigen procesos de fermentación, necesarios para la obtención de un producto equilibrado con una materia orgánica estable que al llegar al suelo pueda mineralizarse y mejorar las propiedades del mismo.

Valor ganadero. Tradicionalmente, los residuos de naturaleza fibrosa han sido aprovechados por la ganadería como complemento a una dieta alimenticia. Muchos residuos agropecuarios son aprovechados desde hace siglos (pajas, residuos de huerta, residuos de frutos, etc.). Recientemente, la ganadería consume muchos subproductos y residuos derivados de procesos industriales (como primera elaboración de productos agrícolas) que se comercializan con el nombre de bagazos, tortas, pulpa, etcétera.

Muchos residuos agropecuarios presentan una composición química favorable; sin embargo, la digestibilidad de estos productos por el ganado es muy reducida o casi nula.

En los estudios sobre alimentación de ganado se ha podido comprobar que el valor energético de la hoja de olivo es muy débil. La presencia de pectinas y taninos principalmente hacen que el valor proteico real para los animales que ingieren hoja de olivo debe considerarse casi nulo. Sin embargo, puede ser un pienso en épocas de carestía y sequía para algunos animales, como ovejas y cabras.

Con el fin de aumentar la digestibilidad de algunos residuos agrícolas de naturaleza fibrosa, como pajas, cañote de maíz e incluso hoja de olivo, se han realizado tratamientos químicos basándose en soluciones de sosa y amoniaco anhidro. Los resultados han sido de interés y resultan ser una vía interesante de aprovechamiento de estos residuos agrícolas, misma que es aplicada en forma industrial en algunos países europeos.

Valor industrial. Los residuos pueden intervenir como materia prima en muchos procesos industriales. Así, en los procesos de obtención de celulosa y papel o cartón pueden aprovecharse residuos agrícolas, como pajas, residuos forestales, leñas, o residuos urbanos, como papel usado. Mediante otros procesos industriales se obtienen aceites o productos químicos a partir de residuos leñosos.

### **2.1.3.1. La Problemática de los Residuos Agropecuarios**

El hombre primitivo se servía de los medios que encontraba en el campo para atender sus necesidades primarias de alimentación, vestido, defensa y vivienda.

La agricultura y la ganadería, base del desarrollo de nuestra civilización en siglos pasados, han sufrido una evolución rápida con la implantación de nuevas tecnologías que han permitido un aumento en los rendimientos (mayor producción por hectárea e índices de transformación animal) y un mayor control sobre los recursos, ocasionando al mismo tiempo un impacto en el entorno (degradación del agua, del aire, del suelo).

Con el desarrollo de la agricultura y ganadería, el hombre obtiene una serie de productos de interés que destina con preferencia a su alimentación y vestido. Estos productos se generan junto con otros subproductos que se destinan, en el mejor de los casos, a cubrir otras necesidades, como fuente energética, vivienda, alimentación del ganado, utensilios, etcétera.

Cuando la sociedad se industrializa, se intensifica la producción y aumenta la concentración humana en los núcleos de población, y los subproductos ya no tienen ninguna utilidad, transformándose en residuos que “hay que tirar”. Estos residuos, que en un principio se descomponían en la naturaleza, van aumentando de volumen, se acumulan sin descomponerse y van originando problemas a una sociedad cada vez más exigente. En estas circunstancias, el hombre agudiza su percepción acerca de que los recursos que se extraen de la naturaleza no son ilimitados, sino al contrario, cada vez más escasos y de más difícil obtención.

Una de las soluciones racionales a ambos problemas consiste en el aprovechamiento de los residuos, ya sea con fines agropecuarios o energéticos. Sin embargo, gran parte de los residuos aprovechables se presentan en circunstancias tales que sus propiedades no son estimadas. Así ocurre con las leñas de los montes alejados de los focos de consumo o con la generación de estiércol en grandes granjas que no disponen de suelo agrícola.

La excesiva mecanización ha facilitado la erosión del suelo y el riego incorrecto, la salinización. La aplicación generalizada de controles químicos de plagas ha permitido la acumulación de tóxicos en la cadena trófica, la industria agroalimentaria y la contaminación de las aguas. Los fertilizantes, la eutroficación y la salinización, factores que han ocasionado un impacto ambiental directo en las zonas rurales, y una incidencia indirecta en el medio urbano.

En las zonas rurales, los problemas ambientales más graves proceden de las actividades agrícolas y ganaderas (aguas residuales, residuos, desertificación, etc.). Es la ganadería una de las actividades que inciden de una forma más significativa sobre el medio ambiente de los municipios rurales.

### **2.1.3.2. Gestión de Residuos Sólidos Agropecuarios**

Tradicionalmente la eliminación de los residuos agropecuarios en los países en desarrollo, ha sido una actividad realizada sin exigencias legales ni fines de aprovechamiento. Esto es debido a que la agricultura está poco tecnificada y la ganadería ocurre de manera extensiva, dispersando los residuos generados. No así cuando se cuenta con agroindustrias, granjas, viveros, establos u otro tipo de instalaciones que concentran la generación de los residuos.

La gestión de los residuos agropecuarios contempla la incineración de los vegetales residuales de los cultivos y cosechas, la dispersión de las excretas de los animales de granja en las áreas de cultivo o forestales, y en el mejor de los casos, implica procesos de compostaje y vermicompostaje. De cualquier modo, la idea que domina al sector agropecuario tradicional es que los residuos que sus actividades generan no requieren tratamiento alguno.

### **2.1.3.3. Tecnologías para el Tratamiento de Residuos Agropecuarios.**

En el campo de los residuos de origen agrícola y ganadero existen desde tecnologías simples hasta muy sofisticadas para el tratamiento de los mismos. En este caso, debido a las características de los residuos y a las apreciaciones de los agricultores y ganaderos de los países desarrollados, la gestión de los residuos tiende hacia el aprovechamiento de los mismos, acelerando los procesos naturales, generando, entre otras cosas,

energía (por incineración o por digestión anaerobia), mejoradores del suelo (por compostaje), alimentos para otros animales y materias primas para procesos de transformación.

Los residuos agropecuarios potencialmente contaminan con nitrógeno, principalmente amoniacal procedente de las proteínas; fósforo, que en exceso provoca eutroficación; materia orgánica, con demandas altas de oxígeno; y metales pesados, con los riesgos de acumulación.

Las tecnologías propias de la gestión integral de los residuos agropecuarios mantienen afinidad con las alternativas de valorización de la materia orgánica contenida en los RSU, y de acuerdo a Solans, R. (1998) implican principalmente:

- Nitrificación y desnitrificación bacterio-enzimática. Se aplica para purines de porcino, con reducción de hasta el 50 % del nitrógeno total inicial en un periodo de un mes.
- Separación de las fracciones sólida y líquida. Es un pretratamiento común para otras tecnologías, la fracción sólida es compostable y la fracción líquida alcanza menor carga orgánica.
- Evaporación. Se obtiene una fracción sólida concentrada, compostable. La fracción líquida se pierde en forma de vapor. Puede aplicarse para purines, pero requiere mucho espacio.

- Depuración. Es un tratamiento para purines en casos extremos, ya que permite la depuración total para vertido en cauce.
- Compostaje y co-compostaje con RSU (fracción orgánica). Se aplica mediante mezclas de estiércoles sólidos u otro soporte vegetales con purines. Es conveniente en zonas de consumo potencial de compost.
- Digestión anaerobia para producción de biogas (metanización). Este tratamiento permite la obtención de energía eléctrica y energía térmica, reduce la DBO y la DQO y produce compost.
- Vermicompostaje. Tecnología aplicable para estiércoles, residuos sólidos agroindustriales y la fracción orgánica de RSU. Produce un compost de excelente calidad. El organismo de transformación biológica más común es la lombriz *Eisenia spp.*, la que en grandes instalaciones resulta como subproducto del proceso, siendo aprovechada como fuente de proteína.

Otras actividades de interés que complementan la gestión de estos residuos son:

- Educación y concientización del sector agropecuario.
- Separación y recolección de residuos.
- Transporte de residuos frescos, productos y subproductos.

#### **2.1.4. La gestión de residuos sólidos en América Latina y El Caribe (Calvo R. F., Szantó N. M. y Muñoz j. J., 2010).**

La gestión de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe evoluciona paralelamente al crecimiento económico e industrial de la región. Tal gestión ya se ha identificado como un problema desde hace varias décadas, adoptando soluciones parciales que hoy día no acogen a todos los países de la región ni las necesidades de gestión necesarias. Así también se ha convertido en un tema político permanente en el cuál se intentan aplicar nuevos conceptos relacionados con la financiación de los servicios y la mayor participación del sector privado, así como una insistente participación de la población en cada uno de ellos.

Son muchos los diagnósticos que diferentes países realizan al respecto para proporcionar un mayor aporte al sector de los residuos sólidos en la región, intentando acercarse al concepto de desarrollo sostenible promulgado por la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo, CNUMAD 92, en la que se primicia reducir la generación de residuos, el reciclaje, la reutilización, tratamiento de los residuos y la disposición final de los mismos de manera ambientalmente segura.

Entre los análisis sectoriales realizados por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) se revela que el sector correspondiente a los residuos sólidos se caracteriza por la falta de políticas y de planes nacionales. No existe ninguna instancia

gubernamental de rango nacional responsable de la gestión de los residuos sólidos, sino que la responsabilidad normalmente se encuentra dispersa en múltiples instituciones afines al sector.

La población de América Latina y el Caribe ha venido incrementándose en los últimos años totalizando 480 millones de habitantes, de los cuales el 74% son urbanos y el resto habitan en zonas rurales. Este crecimiento de la población y su rápido proceso de urbanización, presenta un panorama de inevitables demandas de servicios, incluyendo la gestión de residuos sólidos urbanos, lo que constituirá un gran reto para los gobiernos nacionales y municipios.

La situación de pobreza es alta en toda la región, lo cual representa un enorme problema en la gestión de residuos domiciliarios. A mayor pobreza mayor despreocupación por los desechos producidos y menor control en la gestión de los mismos. La tendencia presente de muchos de estos países consiste en la privatización de los servicios de aseo público.

#### **2.1.4.1. Generación de RSU en América Latina y El Caribe**

La producción media per capita se puede establecer en 0.92 kg/hab/día. Ello significa unas 330,000 toneladas diarias. La tabla I.8 muestra algunas medias de generación de residuos en ciudades latinoamericanas.

Tabla 1: Generación de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe.

| PAIS              | (Ciudad)         | RSU (kg/hab/día) | RS PELIGROSOS (kg/hab/año) |
|-------------------|------------------|------------------|----------------------------|
| Argentina         | (Buenos Aires)   | 0,88             | 260                        |
| Bolivia           | (La Paz)         | 0,51             | 60                         |
| Brasil            | (Río de Janeiro) | 1,00             | 340                        |
| Colombia          | (Bogotá)         | 0,74             | 60                         |
| Cuba              | (La Habana)      | 0,70             | 100                        |
| Chile             | (Santiago)       | 0,87             | 210                        |
| Ecuador           | (Guayaquil)      | 0,70             | 60                         |
| Guatemala         | (Guatemala)      | 0,54             | 20                         |
| México            | (Monterrey)      | 1,07             | 400                        |
| Nicaragua         | (Managua)        | 0,60             | 60                         |
| Paraguay          | (Asunción)       | 0,94             | 140                        |
| Perú              | (Lima)           | 0,56             | 140                        |
| Trinidad y Tobago | (Pto. España)    | 1,20             | 230                        |
| Uruguay           | (Montevideo)     | 0,90             | 300                        |
| Venezuela         | (Caracas)        | 1,18             | 260                        |

Fuente: Adaptado de Calvo R. F., Szantó N. M. y Muñoz J. J., 2010

#### 2.1.4.2. Composición y características de los residuos

Varios países han cuantificado la composición y características de sus residuos sólidos urbanos llegando a valores de materia orgánica entre 40 y 70 %, valores que son superiores a los producidos en los países industrializados, siendo el papel, cartón, vidrio y metal inferiores, aunque el contenido de plásticos se está haciendo similar. Se observa una disminución en el contenido porcentual de vidrio y un aumento en el de plástico. Otra de las características que se hace notar como diferencial respecto a los países desarrollados es el mayor contenido de humedad, variando esta entre 33 y 55 % y su mayor peso específico que alcanza

valores de 125 a 250 kg/m<sup>3</sup> cuando se mide suelta, valores de 375 a 550 kg/m<sup>3</sup> cuando está en camión compactador y de 700 a 1,000 cuando se compacta en rellenos. Los valores caloríficos son inferiores a los producidos en Europa, USA y Canadá. La tabla I.9 resume un estudio realizado por la OPS y refleja la composición de residuos en diferentes países de América Latina y el Caribe.

Tabla 2: Composición de los RSU en diversos países (% en peso)

| PAÍS          | PAPEL Y CARTÓN | METAL | VIDRIO | TEXTIL | PLÁSTICOS | ORGÁNICOS | OTROS INERTES |
|---------------|----------------|-------|--------|--------|-----------|-----------|---------------|
| Brasil        | 25,0           | 4,0   | 3,0    | -      | 3,0       | -         | 65,0 (1)      |
| México        | 20,0           | 3,2   | 8,2    | 4,2    | 6,1       | 43,0      | 15,3          |
| Costa Rica    | 19,0           | -     | 2,0    | -      | 11,0      | 58,0      | 10,0          |
| El Salvador   | 18,0           | 0,8   | 0,8    | 4,2    | 6,1       | 43,0      | 27,1          |
| Perú          | 10,0           | 2,1   | 1,3    | 1,4    | 3,2       | 50,0      | 32,0          |
| Chile         | 18,8           | 2,3   | 1,6    | 4,3    | 10,3      | 49,3      | 13,4          |
| Guatemala     | 13,9           | 1,8   | 3,2    | 3,6    | 8,1       | 63,3      | 6,1           |
| Colombia      | 18,3           | 1,6   | 4,6    | 3,8    | 14,2      | 52,3      | 5,2           |
| Uruguay       | 8,0            | 7,0   | 4,0    | -      | 13,0      | 56,0      | 12,0          |
| Bolivia       | 6,2            | 2,3   | 3,5    | 3,4    | 4,3       | 59,5      | 20,8          |
| Ecuador       | 10,5           | 1,6   | 2,2    | -      | 4,5       | 71,4      | 9,8           |
| Paraguay      | 10,2           | 1,3   | 3,5    | 1,2    | 4,2       | 56,6      | 23,0          |
| Argentina     | 20,3           | 3,9   | 8,1    | 5,5    | 8,2       | 53,2      | 0,8           |
| Trinidad y T. | 20,0           | 10,0  | 10,0   | 7,0    | 20,0      | 27,0      | 6,0           |

(1) Incluye residuos textiles y orgánicos.

Fuente: Adaptado de Calvo R. F., Szantó N. M. y Muñoz J. J., 2010

### 2.1.4.3. Cobertura y Calidad del Servicio en América Latina y El Caribe

El rango de cobertura y calidad del servicio es diferente según en la fase de gestión del residuo en que se encuentre. Así, durante el almacenaje de los residuos son pocas las ciudades con un almacenaje adecuado en los domicilios, siendo también deficiente

en comercios y hospitales. Se logra la estandarización de contenedores sólo en ciudades como La Habana, Río de Janeiro y Buenos Aires. En las demás ciudades sólo los estratos de población medio y de mayores ingresos tienen recipientes adecuados, siendo colocada la basura en la vía pública y en lotes baldíos o bolsas para la recolección por los camiones recogedores.

En la mayoría de las ciudades hay deficiencias por falta de equipos adecuados para el transporte oportuno, equipamiento o sencillamente por falta de educación pública y vigilancia.

La cobertura de recolección de residuos sólidos depende en gran medida del lugar donde se realice, así en ciudades grandes de América Latina, como Buenos Aires, Santiago, La Habana, México, Bogotá, Montevideo, Río de Janeiro, Sao Paulo, Brasilia y Caracas, tienen una cobertura de recolección del 90 al 100 %. El promedio de recolección oscila entre el 85 % para las grandes ciudades y el 50 al 70 % para las de menor tamaño. Las zonas de altos y medianos ingresos están bien atendidas, pero en las zonas marginales los servicios son esporádicos.

La falta de recolección da lugar a la aparición habitual de tiraderos clandestinos, causantes de condiciones sanitarias deficientes. En estas zonas marginales e incluso en gran parte de ciudades medianas la frecuencia de recolección puede llegar a ser semanas o cada dos semanas.

Los costos de recolección comparados con los países industrializados son inferiores, debido exclusivamente al bajo costo de la mano de obra latinoamericana variando entre 15 y 40 dólares por tonelada recolectada (en Estados Unidos oscila entre 50 y 125 dólares). En las grandes ciudades y áreas metropolitanas se intenta resolver el problema del servicio de recolección mediante contratos del sector privado.

Las grandes distancias existentes entre los núcleos de producción y los nuevos rellenos sanitarios han obligado al uso creciente de estaciones de transferencia que permiten el acarreo de los residuos en unidades de 40 a 60 m<sup>3</sup> con costos unitarios más bajos. Existen estaciones de transferencia en Bolivia, Chile, Ecuador, Perú, Brasil, Venezuela, México, Argentina y Colombia.

#### **2.1.4.4. Tratamientos, recuperación y reciclaje**

Muchos países desarrollados, debido a la falta de terrenos, su alto costo o la cada vez más exigente legislación ambiental, han adoptado la incineración y el compostaje de los residuos. Estas tecnologías han sido adoptadas por varias ciudades de América Latina y el Caribe con resultados casi siempre desalentadores, a excepción de algunos procesos de biogas, debido a la falta de análisis técnicos, institucionales y económicos para establecer la justificación y viabilidad de las inversiones.

Para un gran número de personas de los países de la región la recuperación de materiales secundarios procedentes de los residuos sólidos es una fuente de ingresos. Así existen personas

que de puerta en puerta compran o reciben papel y botellas e incluso frecuentan oficinas, restaurantes, industrias, etc., son todos partes del sistema de reciclaje. Es evidente que este tipo de recuperación de materiales es muchas ocasiones es debido al alto índice de pobreza que obliga a muchas a transformarse en segregadores informales para sobrevivir. Esta informalidad conlleva a que en la actualidad no se conozca con exactitud el grado de recuperación en los países pero se estima que no es muy alto.

La recuperación de materiales para el reciclaje se logra de dos maneras:

- Separación y acopio en las industrias, comercios y grandes generadores y productores de materiales reciclables homogéneos (papel, cartón, vidrio, botellas, plásticos y metales ferrosos y no ferrosos), para venderlos a recogedores privados especializados. Hay programas de este tipo de recuperación, sobre todo para vidrio, en México, Colombia y Venezuela. México cuenta con tres plantas de separación de residuos municipales con capacidad de 1.500 Ton/día cada una, recuperándose del 10 al 15 % del material.
- El segundo tipo de segregación es practicado en la basura y generalmente consta de tres posibles tipos de intervención: por separadores callejeros en las bolsas o contenedores; por los operarios en el camión recogedor; y en el relleno por los segregadores informales, forma no

recomendable debido al riesgo sanitario que lleva consigo. En México se ha comprobado que las cantidades recuperadas conjuntamente por estos tres sistemas de intervención son menores del 2 % de toda la basura.

El método más apropiado de recuperación de materiales es de separación en la fuente domiciliaria, depositando los residuos según sus características en diferentes recipientes. Este tipo de metodología requiere infraestructura y equipamientos que en ocasiones son alto coste. En América Latina se aplica sólo en algunas partes de Argentina, Colombia, Brasil y México.

La cantidad de material recuperado es mayor si se hace participar a la industria y a los grandes generadores de residuos y si la industria recicladora interviene promoviendo el proceso. Los siguientes datos son de algunos países latinoamericanos que muestran resultados apreciables de reciclaje de materiales:

- VIDRIO: Las dos principales industrias del vidrio en Colombia reciclaron 142.000 Ton en 1994 y en Venezuela se recicla el 20 % de lo utilizado. En Perú se reciclan 25 Ton/día.
- METAL: Las siderurgias integradas de Colombia compran anualmente 220.000 Ton de chatarra recuperada. En Brasil, en 1995 se recuperó el 18 % de los embalajes de metales ferrosos y el 50 % de envases de aluminio.

- **PAPEL Y CARTÓN:** Estos materiales representan los mayores volúmenes de material reciclado en Colombia. 311.200 Ton de papel y cartón producidos provinieron de material reciclado en 1994. En Brasil aproximadamente 1,5 millones de Ton de papel fueron recuperadas para reciclaje en 1993. En Venezuela se recicló el 55 % del total del papel en 1994. En Perú se recuperan 9.500 Ton/año. En Chile se recuperan 200.000 Ton/año, lo que representa el 33 % de lo recuperable.
- **PLÁSTICO:** La recuperación de plástico se efectúa a pesar de las características altamente contaminadoras del proceso, especialmente si se recicla en pequeñas plantas que no cumplen las normas y requisitos de protección ambiental. En Brasil solamente dos industrias recicladoras de plásticos utilizan 1.000 Ton/mes de material recuperado. En Chile se recuperan 23.000 Ton/año, lo que constituye un 10 % de la demanda anual de plásticos. En Uruguay se recuperó plástico sin encontrar un mercado apropiado.

En los países del Caribe no es frecuente la recuperación de residuos sólidos, debido principalmente a que no existen plantas recicladoras, puesto que el mercado es pequeño.

#### **2.1.4.5. Disposición final**

La disposición final de los residuos sólidos en América Latina y el Caribe se realiza en su mayoría de forma incontrolada o semicontrolada siendo solamente el 30 % de la basura la que se deposita en rellenos sanitarios, aunque algunos en ocasiones no

cumplen con las especificaciones técnicas para ser denominados como tales. Una de las tendencias actuales de la región es el intento de tratar los lixiviados que se producen en los rellenos con el fin de evitar su vertido a las corrientes superficiales o la filtración al subsuelo.

Actualmente se puede decir que el tratamiento de los lixiviados es prácticamente nulo en América Latina y el Caribe. Un problema palpable en América Latina y el Caribe es la existencia de segregadores (cachucheros, pepenadores, buzos) en los rellenos e incluso la existencia de núcleos marginales que realizan sus actividades en el mismo relleno, lo cual además de riesgos sanitarios dificulta la operación sanitaria y segura del relleno.

#### **2.1.4.6. Tasas y Tarifas**

El estudio e implantación de tarifas de aseo urbano todavía no está extendido en la región, siendo en estos momentos Colombia el país que más experiencia tiene en el régimen tarifario. Éste está regido por criterios de eficiencia económica, neutralidad, solidaridad y retribución, suficiencia financiera y transparencia. Las tasas que se cobran por el aseo urbano oscilan entre 0 y 5 dólares al mes, mientras que Estados Unidos las tarifas oscilan entre 20 y 30 dólares por usuario al mes. Hay excepciones, como el Lima, donde se están cobrando 24 a 16 dólares a los usuarios de clase alta y 3 dólares a los de clase baja. Se hace necesario el establecimiento e implantación de un régimen de regulación de las tarifas para unificar criterios y proporcionar el autofinanciamiento de la gestión de los residuos.

**CAPÍTULO III**  
**MATERIAL Y MÉTODOS**

### **3.1. Aspectos característicos generales del ámbito de estudio**

La provincia y el distrito de Trujillo, se ubican en la Costa Norte del Perú, en la región natural Costa, parte central del departamento de La Libertad, a 550 Km. al norte de la ciudad de Lima, y dentro del gran valle Moche. Su Plaza Mayor se ubica en las coordenadas, Paralelos: 8° 06' 2.3" Latitud Sur, Meridianos: 79° 01' 34" Longitud Oeste a una altitud de 31.16 metros sobre el nivel del mar y dista 4.4 km del Océano Pacífico, en línea recta por la Avenida Víctor Larco.

Las rutas para llegar al Distrito de Trujillo son:

- **VÍAS NACIONALES:** La Panamericana Norte y la Vía de Evitamiento. Se prevé además el trazo de la futura autopista Costanera, que garantice el flujo directo sin interrupción.
- **VÍAS REGIONALES:** La Carretera Salaverry - Juanjuí, la Carretera Salaverry - Santiago de Cao; y la Carretera Trujillo - Otuzco - Huamachuco.
- **POR VÍA AÉREA:** El Aeropuerto Internacional Carlos Martínez de Pinillos (a 10 km de la ciudad Trujillo).

#### **3.1.1. Ubicación geográfica**

|              |                  |
|--------------|------------------|
| Departamento | : La Libertad    |
| Provincia    | : Trujillo       |
| Distrito     | : Trujillo       |
| Altitud      | : 31,16 m.s.n.m. |

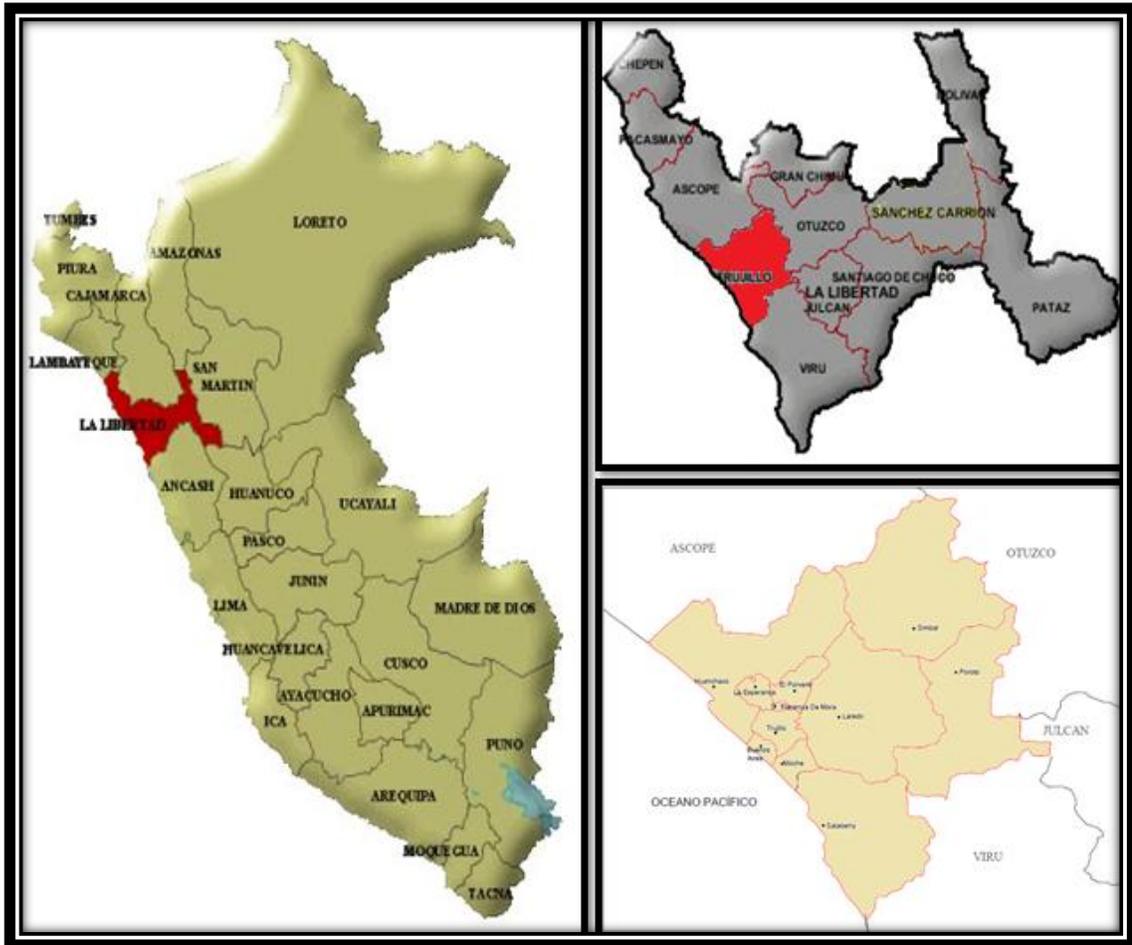


Figura 1: Ubicación geográfica del distrito Trujillo

### 3.1.2. Límites y área del terreno

Los límites geográficos del distrito de Trujillo son los siguientes:

- Por el Norte : Con el distrito de La Esperanza, El Porvenir y Florencia de Mora.
- Por el Sur : Con el distrito de Víctor Larco Herrera y Moche
- Por el Este : Con el distrito de Laredo
- Por el Oeste : Con el distrito de Huanchaco

La provincia de Trujillo se desarrolla en una extensión de 1,768.65 km<sup>2</sup> que constituyen el 6.9 % de la superficie total del departamento de La Libertad, y geopolíticamente se divide en once distritos: Trujillo, El Porvenir, Florencia de Mora, Huanchaco, La Esperanza, Laredo, Moche, Poroto, Salaverry, Simbal y Víctor Larco Herrera.

El distrito de Trujillo se extiende en 39.36km<sup>2</sup>, que representa el 2.2% de la extensión de la provincia.

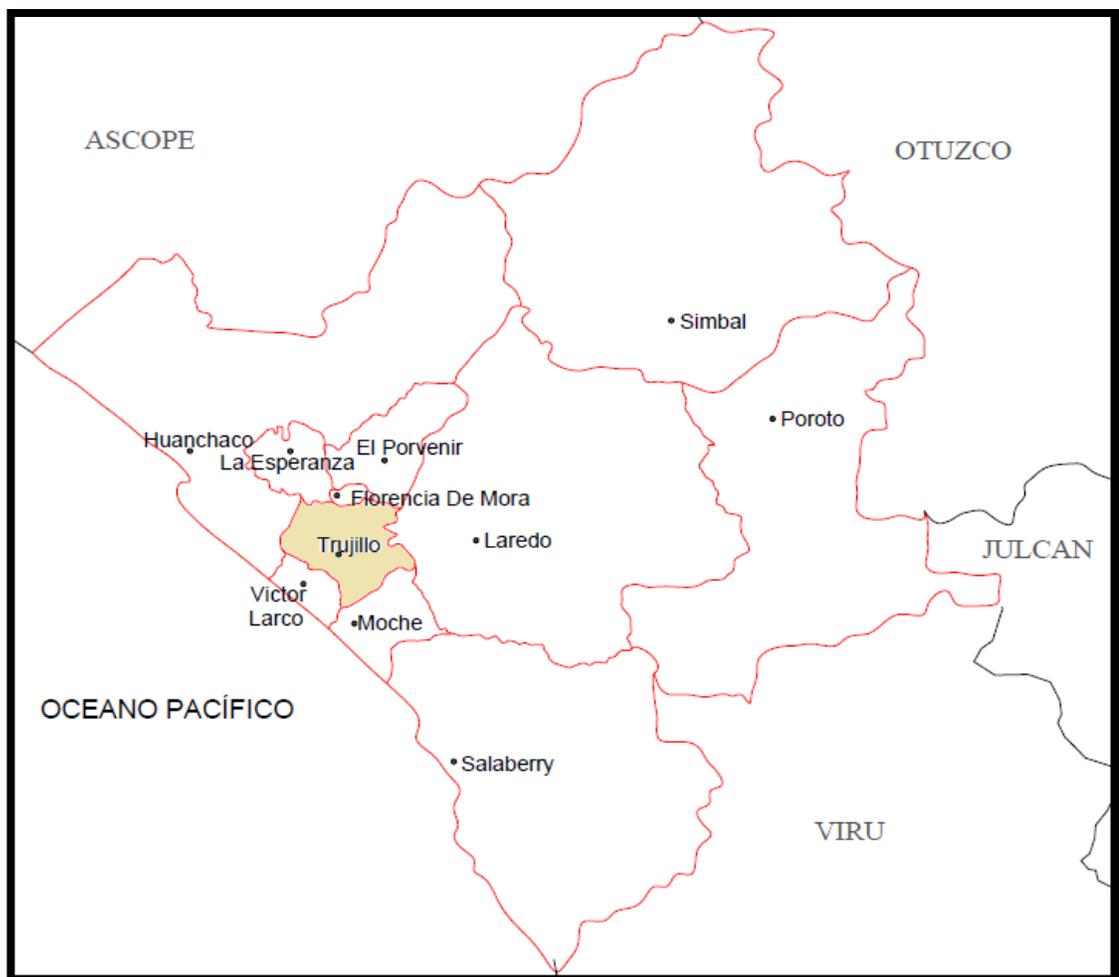


Figura 2: División política distrital de la provincia Trujillo.

### 3.1.3. Alcance

La Gestión Integral para el tratamiento de Residuos Sólidos tiene su alcance para el ámbito del distrito de Trujillo, que comprende a la atención de 60 territorios vecinales agrupados en 05 Zonas.

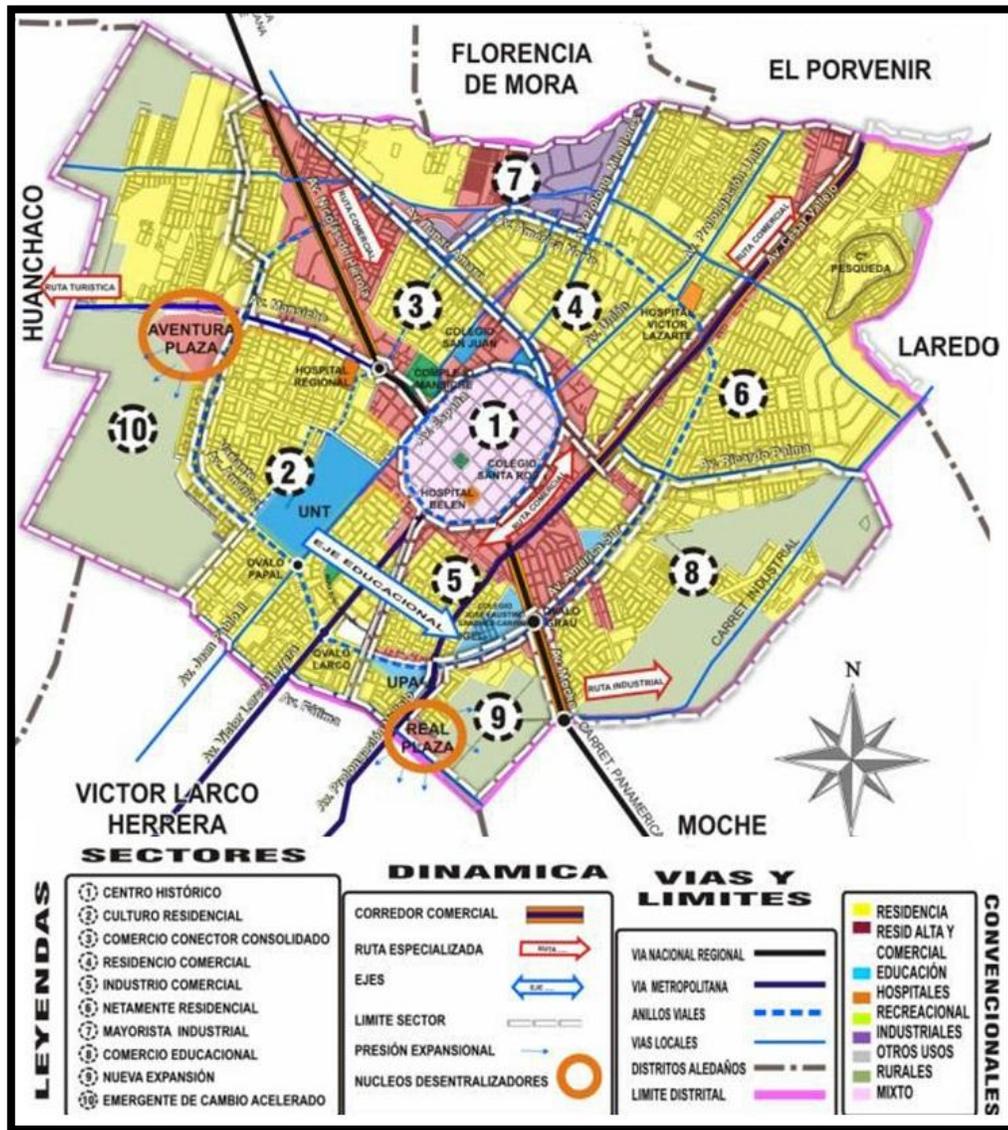


Figura 3: Área del ámbito urbano de Trujillo

### **3.1.4. Aspectos Ambientales**

#### **3.1.4.1. Clima**

La Ciudad de Trujillo es denominada “Capital de la Primavera” o “Ciudad de la Eterna Primavera”, por su excelente clima primaveral gracias a sus mínimas variaciones diarias del tiempo, lo mismo que sus variaciones anuales. La temperatura es estable, los vientos son moderados y las lluvias son escasas.

En el distrito de Trujillo las lluvias son escasas, se dan de forma ocasional solo en los meses de verano (de diciembre hasta abril) las cuales pueden ser de débiles a ligeramente fuertes. En los meses de verano (diciembre a abril), las temperaturas máximas pueden oscilar entre los 26°C a 30°C con mínimas de entre 15°C a 17°C con cielos generalmente despejados. Sin embargo se puede llegar a superar estos valores cuando el fenómeno El niño está presente, llegando incluso hasta los 35°C. En los meses siguientes, en la época de otoño e invierno, las temperaturas fluctúan entre los 19°C y 12°C, con días muy frescos y con poca presencia solar

#### **3.1.4.2. Precipitación pluvial**

En cuanto a la precipitación, se registra los mayores valores en los meses de verano. En años normales la precipitación anual varía de 10 a 20 mm, pero en años con ocurrencia del Fenómeno del Niño, la precipitación puede llegar hasta 400 mm.

#### **3.1.4.3. Evaporación**

La evaporación varía entre 6.12 m.m en el mes de julio y 109.7 m.m en el mes de marzo con un total anual de 982.7 m.m y un promedio de 2.7 m.m/d.

#### **3.1.4.4. Vientos**

Los vientos provienen generalmente del sur, variando muy poco al sudeste, con velocidad promedio anual de 21.3 Km/h; es decir fluctúa entre lo que se denomina calma y brisa moderada según la escala de Beaufort de clasificación de vientos, siendo su distribución muy uniforme durante los doce meses.

#### **3.1.4.5. Vegetación**

En términos generales, la vegetación de la ciudad y su entorno inmediato se han desarrollado en base a las áreas verdes de las plazas, parques, alamedas y vías, así como al entorno rural adaptándose perfectamente al medio.

#### **3.1.4.6. Hidrografía y fisiografía**

La cuenca del río Moche se encuentra ubicada en la Costa Norte del Perú, pertenece a la vertiente del Pacífico y drena un área total de 2,708 km<sup>2</sup> y una longitud aproximada de recorrido de 102 km., presentando una pendiente promedio de 4%. Políticamente se localiza en el departamento de La Libertad, comprendiendo total o parcialmente las provincias de Trujillo, Otuzco, Santiago de Chuco y Julcán. El acceso dentro de la cuenca se realiza por el sistema de vías que integra la ciudad de Trujillo con todos los distritos y ciudades ubicadas en la cuenca.

La cuenca colectora húmeda es de 1418 km<sup>2</sup> (área de cuenca con altitud mayor a 1500 msnm), área que representa el 52% del área total de la cuenca y es la que contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial, y del mismo modo, es la que tiene mayores implicancias en los problemas de impacto ambiental ocasionados por las actividades mineras.

#### **3.1.4.7. Topografía**

El distrito de Trujillo está establecida sobre una llanura de la costa de La Región La Libertad y presenta una topografía suave, por lo cual su relieve es poco accidentado, pues se asienta sobre una planicie de la Provincia de Trujillo. Las zonas de baja altitud de la ciudad se encuentran muy cerca del océano Pacífico y las zonas de mayor altitud están próximas a las primeras estribaciones andinas que se presentan en la zona.

### **3.2. Aspectos Socioeconómicos y culturales**

#### **3.2.1. Aspectos demográficos**

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el distrito de Trujillo cuenta al 2007 con 294,899 habitantes. El 52,8% de la población son mujeres. El 99,9 % de la población es urbana. Según las proyecciones realizadas, la población del distrito de Trujillo al año 2015 es de 325,712 habitantes, teniendo en cuenta la tasa de crecimiento intercensal (1993-2007) de 1.25%.

Tabla 3: Resultados de los Censos Nacionales 2007 para la provincia y el distrito de Trujillo  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

| VARIABLE / INDICADOR                          | Distrito TRUJILLO |             |
|---|-------------------|-------------|
|   | Cifras Absolutas  | %           |
| <b>Población censada</b>                      | <b>294,899</b>    | <b>100</b>  |
| Hombres                                       | 139,279           | 47.2        |
| Mujeres                                       | 155,620           | 52.8        |
| <b>Población por grupos de edad</b>           | <b>294,899</b>    | <b>100</b>  |
| 00-14   | 67,312            | 22.8        |
| 15-64   | 202,640           | 68.7        |
| 65 y más                                      | 24,947            | 8.5         |
| <b>Población por área de residencia</b>       | <b>294,899</b>    | <b>100</b>  |
| Urbana  | 294,730           | 99.9        |
| Rural   | 169               | 0.1         |
| <b>Población adulta mayor (60 y más años)</b> | <b>35,670</b>     | <b>12.1</b> |

Tabla 4: Población del distrito de Trujillo (TCI 1,25%)  
Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

| DISTRITO | T.C.I. (%) | 2007    | 2015    |
|----------|------------|---------|---------|
| TRUJILLO | 1.25       | 294,899 | 325,712 |

### 3.2.2. Características de las viviendas y del entorno urbano

De acuerdo a la información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007), la población del distrito de Trujillo asciende a 294,899 habitantes, con un total de 69,035 viviendas para uso familiar, de las cuales el 81.4% son casas independientes y el 12.3% departamentos en edificio. Esta población es mayoritariamente urbana (99.9%). El material predominante de las viviendas es ladrillo o bloque de cemento 82.6%, mientras que el 16.1% son de adobe o tapia. En cuanto al material predominante en pisos, el 88.4% de las viviendas tienen losetas, terrazos, cemento, parquet o madera pulida; mientras que el 9.4% tienen pisos de tierra.

### **3.2.3. Características de la educación**

El sistema educativo en el distrito de Trujillo, es dirigido y supervisado por la Dirección Regional de Educación, abarca la educación escolarizada, que se brinda a través de un conjunto de establecimientos públicos y privados, en sus diferentes niveles, inicial, primaria, secundaria de menores y de adultos, y la educación superior, sea pedagógico, tecnológico o artístico. Y a través de sus modalidades educativas (ocupacional, especial). Del total de establecimientos del sistema educativo, el 95% pertenece al régimen escolarizado y sólo el 5% al no escolarizado. De dicho total, el 42% son establecimientos estatales y el 58% son de gestión no pública. La ampliación de la infraestructura educativa estatal y la creciente participación del sector privado en la educación han permitido el progreso de la cobertura educativa en el ámbito de Trujillo.

### **3.2.4. Características de las vías de comunicación en el área de influencia**

El sistema vial y de transporte de Trujillo opera de modo interconectado en tres niveles, el nacional, el regional y el local o metropolitano, y mantiene la operación de la ciudad de manera simultánea: como un núcleo de importancia de la red nacional de ciudades, como capital regional y como área metropolitana integrada.

- Vías nacionales: La Panamericana Norte y la Vía de Evitamiento. Se prevé además el trazo de la futura autopista Costanera, que garantice el flujo directo sin interrupción.

- Vías regionales: La Carretera Salaverry - Juanjuí, la Carretera Salaverry - Santiago de Cao; y la Carretera Trujillo - Otuzco - Huamachuco.
- Vías locales y metropolitanas: Desde el punto de vista local, la ciudad posee una configuración interna radio céntrica, con un sistema de anillos viales a partir del Centro Histórico.

En el ámbito metropolitano, según describe la Municipalidad Provincial de Trujillo, la ciudad cuenta con vías expresas y semi-expresas que conectan el distrito central con los distritos de Huanchaco, Laredo, Moche y Salaverry, garantizando el funcionamiento óptimo de la metrópoli en su conjunto. De igual manera, Trujillo se encuentra integrada mediante una extensa red vial con todos sus distritos y centros poblados más representativos.

### **3.2.5. Principales actividades económicas y niveles de ingreso de la población.**

La provincia de Trujillo, cuenta con el potencial de recursos para el desarrollo de varias actividades económicas:

- Actividad agrícola: la provincia de Trujillo, es prioritariamente agrícola y en menor escala otras actividades, comercial, industrial y de transporte, debido a las áreas de producción que dispone. La extensión de la agricultura irrigada causó un crecimiento expansivo en la ciudad, especialmente la agroindustria de la caña de azúcar, y de productos de exportación como los espárragos.

- Actividad pecuaria, en el litoral de la provincia existen familias enteras que se dedican a la pesca artesanal; Salaverry capta el 10% de especies microbiológicas de la región. Del total de captura el 96% se destina a la producción de harina de pescado y aceite, un 3% se congela y 1% se destina al consumo humano como producto fresco.
- La actividad avícola es importante en cuanto a la producción de carne de aves y huevos (9'200,000 aves de carne y 2'175,000 aves de postura al año), situando a la región entre los principales proveedores de estos productos a nivel nacional. El 70% de la producción se localiza en Trujillo.
- Turismo, la provincia de Trujillo cuenta con atractivos turísticos, que constituyen un potencial económico en crecimiento. Visitan Trujillo monumental y también alrededores como son Las Huacas del Sol y La Luna, Huaca del Arco Iris y también turismo alternativo como la campiña.
- Comercio, el departamento de La Libertad registra 19,859 establecimientos dedicados a la actividad económica, el 70% se encuentra en la Provincia de Trujillo, 6% en la Provincia de Ascope, 5% en Chepén, 5% en Pacasmayo y el 14 % restante en las demás Provincias. De los 13,900 establecimientos de la Provincia de Trujillo, el 65% se ubican en el distrito de Trujillo. De los establecimientos comerciales, 12,963 se dedican al comercio, servicios automotores y reparaciones diversas,

2,101 al sector manufacturero y 4,795 a otras actividades. De las 47,000 personas que están laborando en estos establecimientos, 19,270 se ubican en el sector manufacturero (41 %), 13,630 en comercio (29 %), 2,350 en restaurantes y hoteles (5%) y 11,750 en otras actividades (25%).

### **3.2.6. Organización de la Sociedad Civil**

El distrito de Trujillo está subdividido en 59 territorios vecinales representados por su Alcalde Vecinal. Se cuenta además con Instituciones como:

- El Ministerio Público
- Instituto Nacional de Cultura
- Representante de la defensoría del Pueblo
- Los Colegios Profesionales
- Las Universidades: una nacional y cinco privadas
- Los Recicladores asociados recientemente en una cooperativa y los informales
- ONG`s, constituidas en una RED
- Los Medios de Comunicación, tanto escrita como audio visual: Radio y Televisión
- Los Alcaldes Escolares
- Cámara de Comercio de la Libertad, que agrupa a los empresarios industriales y comerciantes.

### **3.3. Características de los servicios de limpieza pública**

Según el MINAM (2009), el servicio de limpieza pública se divide de la siguiente manera:

### **3.3.1. Servicio de recolección domiciliaria**

El método que se emplea para la recolección de los residuos sólidos es el método de vereda el cual consiste en el recojo de los residuos sólidos domiciliarios dispuestos en las aceras por operarios de limpieza quienes depositan los residuos sólidos en el vehículo recolector en marcha lenta o también llamado recolección de puerta en puerta. La recolección tiene por objetivo evacuar los residuos sólidos fuera de la vivienda u otra fuente de producción de desechos a fin de centralizarlos en un punto de transferencia, reciclaje o disposición final.

### **3.3.2. Recolección de los residuos del comercio**

Son aquellos generados en los establecimientos comerciales de bienes y servicios, tales como: centros de abastos de alimentos, restaurantes, supermercados, tiendas, bares, bancos, centros de convenciones o espectáculos, oficinas de trabajo en general, 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.

### **3.3.3. Recojo y transporte de escombros**

Son aquellos residuos generados como consecuencia de construcciones, demoliciones o reformas que presentan las características de inertes, tales como tierras, yesos, cementos, ladrillos, cascotes, o similares.

### **3.3.4. Sistema de tratamiento e incineración**

La incineración es uno de los procesos térmicos que pueden aplicarse en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos para disminuir su cantidad y aprovechar la energía que contienen.

### **3.3.5. Recolección de contenedores**

Un contenedor es un recipiente de carga para el transporte terrestre. Las dimensiones del contenedor se encuentran normalizadas para facilitar su manipulación.

### **3.3.6. Uso de planta de transferencia**

Los centros o plantas de transferencia son estaciones que se utilizan para depositar los residuos en forma temporal para que sean transferidos a un vehículo de mayor capacidad.

Típicamente son lugares donde el contenido de los vehículos recolectores pequeños, sean éstos de tracción humana, animal o mecánica, es transferido a vehículos más grandes, normalmente de tracción mecánica, para transportar los residuos al sitio de disposición final. De esta forma se optimiza el trabajo de los vehículos pequeños, ya que mientras el vehículo grande hace su trabajo en un viaje largo los pequeños pueden cubrir más rutas de recolección, en vez de invertir todo el tiempo en hacer un viaje largo. Las estaciones de transferencia se usan cuando el sitio de disposición final está ubicado a más de 50 Km. del punto de generación.

### **3.3.7. Operación de relleno sanitario**

Según lo establecido en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos Ley N° 27314, el relleno sanitario es una infraestructura de disposición final, debidamente equipada y operada, que permite disponer sanitaria y ambientalmente seguro los residuos sólidos.

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de residuos sólidos en el suelo, mediante el uso de principios de ingeniería para confinar la basura en un área previamente implementada con los dispositivos para el control y manejo de las emisiones (líquidos y gases) que se generan producto de la descomposición de la materia orgánica contenida en los residuos sólidos, con la finalidad de prevenir los riesgos a la salud pública y deterioro de la calidad ambiental.

### **3.3.8. Servicio de barrido y limpieza de calles**

La limpieza de vías públicas refleja la situación de la salud de las ciudades. Ella proporciona no sólo un ambiente más sano sino también una atmósfera más agradable. Este servicio corresponde al retiro de toda clase de desperdicios y/o despojos que se encuentren en las veredas de la ciudad.

## **3.4. Componentes de un sistema de manejo de residuos sólidos en condiciones normales.**

Según la OPS (2003), El sistema convencional utilizado para un correcto manejo de los residuos sólidos generados por una población comprende una serie de componentes concatenados entre sí, desde la

etapa de generación hasta la disposición final, correspondiendo al ciclo de vida que se presenta en la Figura 4.

Las etapas del manejo de los residuos son:

- a) Generación de residuos sólidos.
- b) Almacenamiento o acondicionamiento y barrido.
- c) Recolección y transporte.
- d) Tratamiento.
- e) Transferencia.
- f) Disposición final.



Figura 4: Ciclo de los residuos sólidos.

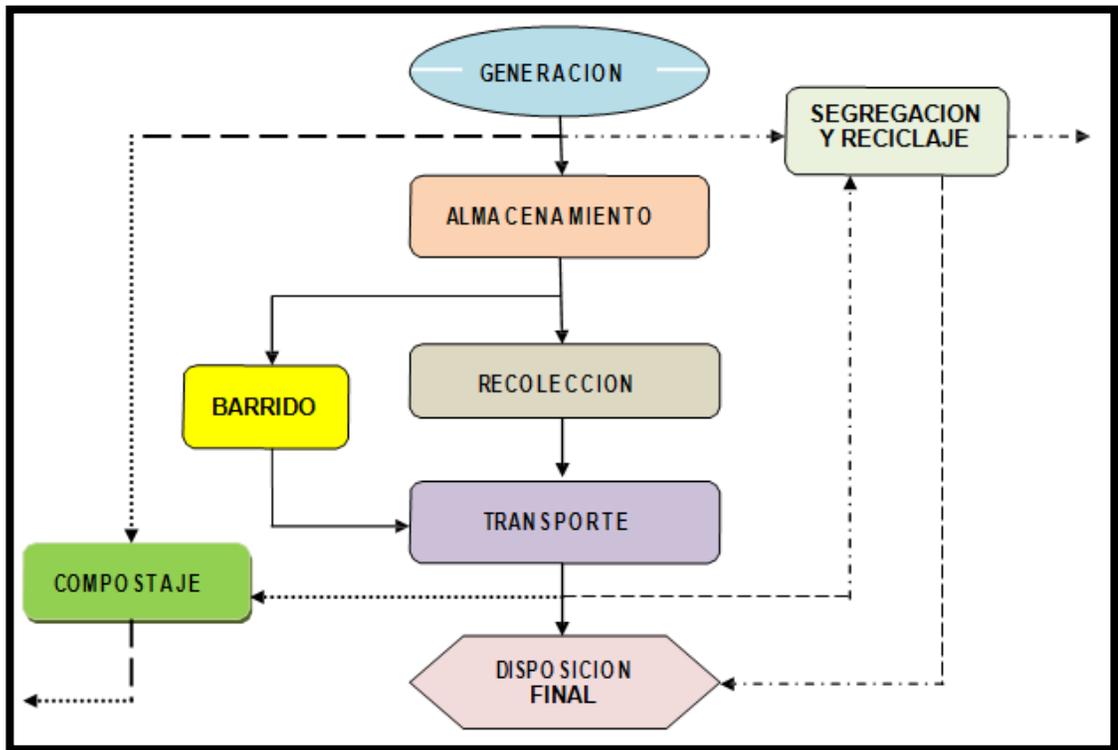


Figura 5: Diagrama para el Plan de Manejo de Residuos Sólidos.

### 3.4.1. Generación de residuos sólidos

Las actividades diarias generan una diversidad de residuos sólidos. En el caso de los residuos domésticos, esta diversidad comprende material desechado, envases o embalajes y restos orgánicos de alimentos. En el Cuadro1 se presentan indicadores utilizados en la Región para determinar la generación diaria de residuos sólidos por habitante.

En este punto se aplican las prácticas de minimización (reúso de envases, reciclaje de materiales, segregación) con el fin de reducir la cantidad de residuos generados.

Tabla 5: Indicadores de generación diaria de residuos por habitante.

| Organización | Generación diaria de residuos |
|--------------|-------------------------------|
|              | Por habitante (Kg)            |
| OPS          | 0.3 a 0.8                     |
| CEPAL        | 0.5 a 1.2                     |

Fuente: OPS (2012).

### 3.4.2. Almacenamiento o acondicionamiento y barrido.

Comprende la etapa de acopio temporal, bajo condiciones seguras, de los residuos sólidos en el lugar de generación hasta que son retirados por el servicio de recolección. Existe una amplia variedad de recipientes clasificados en función de su capacidad, como se aprecia a continuación.

Tabla 6: Volúmenes de recipientes por tamaño.

| Tamaño de recipiente | Capacidad                 |
|----------------------|---------------------------|
| Pequeño              | Menor de 150 litros       |
| Mediano              | De 150 a 7000 litros      |
| Grande               | Mayor de 7 m <sup>3</sup> |

Fuente: OPS (2012).

La selección depende del tipo y características de los residuos que van a ser recolectados, del tipo de sistema de recolección empleado, de la frecuencia de recolección y del espacio disponible para la ubicación del recipiente. En América Latina y el Caribe no se ha logrado estandarizar el uso de recipientes adecuados y bolsas de plástico, salvo parcialmente en La Habana, Río de Janeiro y Buenos Aires.

Cuando la capacidad técnica lo permite, el sistema de manejo de residuos sólidos incluye una fase de almacenamiento intermedio que presta servicios a un área o localidad determinada y hace uso de contenedores cuya capacidad ha sido definida previamente. Esto optimiza las rutas de recolección, pero demanda vehículos apropiados para la recolección o recambio.

El almacenamiento en sitio, así como el procesamiento de los residuos, son actividades importantes en el manejo de los residuos sólidos. Típicamente los residuos sólidos domésticos son acumulados en pequeños contenedores o bolsas plásticas, que se colocan fuera de la casa. También puede existir, en edificios o condominios, contenedores de mayor tamaño, en donde se coloca la basura de varios inquilinos (CAMPOS, 2003).

### **3.4.3. Recolección y transporte**

Incluye las actividades propias de la recolección de los residuos sólidos en su sitio de origen de acuerdo con la frecuencia y los horarios pre establecidos, y su traslado hasta el sitio donde deben ser descargados una vez agotada su capacidad. Este sitio puede ser, bien una instalación de procesamiento, tratamiento o transferencia de materiales, bien el relleno sanitario donde se realizará la disposición final. La recolección de los residuos se realiza en promedio cada tres o cuatro días.

La recolección constituye una de las fases más complejas y costosas del manejo de los residuos sólidos y en la mayoría de los casos representa entre 80% y 90% del costo total del servicio. Con el

propósito de optimizar el desempeño, se pueden utilizar diversos tipos de sistemas de recolección de acuerdo con las características de la zona atendida: atención puerta a puerta o centros de acopio con o sin traslado de recipientes.

Los vehículos utilizados para realizar la actividad deben ser apropiados para las características locales. Se pueden utilizar vehículos especialmente diseñados para ello, como los que están dotados de compactación transitoria, camiones de baranda o de tolva basculante e incluso, para las pequeñas poblaciones y áreas marginales, tractores agrícolas conectados con remolque y carretas de tracción animal, entre otros. Es importante destacar que los residuos peligrosos siempre deben ser recolectados en forma separada, utilizando vehículos especiales de acuerdo con el tipo de residuo.

La recolección de los residuos sólidos se complementa con servicios de limpieza de calles y áreas públicas. También existen casos en que el sistema de recolección forma parte de un programa de reciclaje, por lo que los vehículos están acondicionados para la recogida diferenciada de residuos. En América Latina y el Caribe se ha logrado una cobertura de recolección de hasta 89% en las ciudades grandes y de 50% a 70% en las de menor tamaño.

La recolección de basura es una actividad importante para la sociedad. De hecho, es la más cercana al cliente; por lo que cuando se evalúa el manejo de residuos sólidos en una comunidad se da

mucha importancia a la recolección, además de que suele ser una de las actividades más costosas (CAMPOS, 2003).

Según USAID (2008), la frecuencia recomendada de la recolección de desechos municipales sólidos es la siguiente:

Tabla 7: Frecuencia de recolección de residuos sólidos recomendada.

| Clima              | Frecuencia         |
|--------------------|--------------------|
| En el trópico      | Diariamente        |
| En zonas templadas |                    |
| En verano          | Cada 2 días        |
| En invierno        | Cada 3 días        |
| En zonas frías     |                    |
| En verano          | 2 veces por semana |
| En invierno        | 1 vez por semana   |

Fuente: USAID (2012).

#### **3.4.3.1. Metas a alcanzar en la recolección de los residuos sólidos**

Según CERRÓN (s.d.), un servicio de recolección y transporte de residuos sólidos será eficiente cuando cumpla con las siguientes condiciones:

- Que atienda a toda la población en forma sanitaria y con una frecuencia adecuada.
- Que se aproveche toda la capacidad de los vehículos recolectores (no deben haber viajes con carga incompleta).
- Que se aproveche toda la jornada legal de trabajo del personal.
- Que las rutas tengan un mínimo de recorridos improductivos, es decir, que haya pocos traslados sin estar

recogiendo basura y que no pase el vehículo varias veces por una misma calle.

- Que los costos sean mínimos en tanto no se afecte el aspecto sanitario, lo que es una consecuencia de los tres puntos anteriores.
- Que se disponga de equipos de reserva para efectuar su mantenimiento preventivo y poder cumplir con los programas estudiados.

#### **3.4.4. Tratamiento**

El procesamiento de los residuos mediante métodos físicos, químicos o biológicos se realiza con el fin de reducir su volumen o características de peligrosidad, entre otros objetivos. Los métodos con mayor perspectiva de aplicación en la región son el compostaje, la lombricultura y la incineración. La decisión sobre la implantación de alguno de estos sistemas debe ser resultado de un análisis profundo y sistemático que tome en cuenta las condiciones técnicas, económicas, sociales y ambientales de la localidad.

Es importante destacar que estas opciones no son soluciones finales ni definitivas. En todos estos procesos se generan residuos que deben ser dispuestos en un relleno sanitario.

#### **3.4.5. Transferencia**

Constituye una fase intermedia entre la recolección y la disposición final de los residuos sólidos. Se puede definir como la operación de trasbordo de los residuos recolectados con vehículos de pequeña capacidad a vehículos de mayor capacidad (hasta 60 m<sup>3</sup>), los cuales

transportarán dichos residuos hasta el punto de disposición final. De este modo, se aumentará la eficiencia del sistema de recolección. Las instalaciones donde se realiza esta operación puede estar dotadas o no de sistemas de compactación y la actividad puede llevarse a cabo directamente o contar con almacenamiento intermedio.

En este último caso, se trata de una operación de trasbordo indirecto. En términos generales, la instalación de estaciones de transferencia se suele justificar en situaciones donde el sitio de disposición final está ubicado a distancias mayores de 20 kilómetros desde el último punto de recolección o el tiempo de viaje es mayor al que representa el 15% de la jornada de trabajo.

#### **3.4.6. Disposición final**

Constituye la última etapa operacional del manejo de residuos sólidos y debe realizarse con condiciones seguras, confiables y de largo plazo. El método aplicable prácticamente para todo tipo de residuos es el relleno sanitario, definido como una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo en instalaciones especialmente diseñadas y operadas como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros como para minimizar efectos adversos para el ambiente y para la salud pública. Se puede considerar también como un método de tratamiento, en tanto que el relleno se convierte en un digestor donde se dan cambios físicos, químicos y biológicos.

En la operación de un relleno sanitario se utilizan principios de ingeniería para confinar los residuos en un área definida, que es cubierta diariamente con capas de tierra y compactada para reducir su volumen. Además, se prevé la aplicación de sistemas que permitan controlar los líquidos y los gases producidos por el efecto de la descomposición del material orgánico presente en los residuos. Su éxito radica en la adecuada selección del sitio, la calidad del diseño de la obra y, por supuesto, de su óptima operación y control.

Para la disposición final de los residuos peligrosos, es común la eliminación en las denominadas "celdas de seguridad" o en sistemas de confinamiento similares bajo tierra.

El tratamiento y disposición final de los desechos sólidos se define como el conjunto de operaciones físicas, químicas, biológicas o térmicas, que tiene la finalidad de reutilizar los desechos, disminuir o eliminar su potencial peligroso, o adaptar sus propiedades físicas, químicas o biológicas a los requerimientos de su disposición final. La disposición final de los desechos sólidos es la operación controlada y ambientalmente adecuada del manejo de los desechos. Existen diferentes vías o alternativas para disponer los residuos sólidos, las más comunes son el relleno sanitario, vertedero controlado, compostaje y la incineración (CAMPOS, 2003).

### **3.5. Marco legal para el manejo de los residuos sólidos**

#### **3.5.1. Ley Nº 27314. Ley General de Residuos Sólidos**

- Art.14º: Definición de residuos sólidos. Son residuos sólidos aquellas sustancias, productos o subproductos en estado

sólido o semisólido de los que su generador dispone, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, para ser manejados a través de un sistema que incluya, según corresponda, las siguientes operaciones o procesos: Minimización de residuos, Segregación en la fuente, Reaprovechamiento, Almacenamiento, Recolección, Comercialización, Transporte, Tratamiento, Transferencia, Disposición final; esta definición incluye a los residuos generados por eventos naturales (EL PERUANO, 2000).

- Artículo N° 15: Clasificación. Para los efectos de esta Ley y sus reglamentos, los residuos sólidos se clasifican según su origen en:
  1. Residuo domiciliario
  2. Residuo comercial
  3. Residuo de limpieza de espacios públicos
  4. Residuo de establecimiento de atención de salud
  5. Residuo industrial
  6. Residuo de las actividades de construcción
  7. Residuo agropecuario
  8. Residuo de instalaciones o actividades especiales

Las autoridades responsables al establecer normas reglamentarias y disposiciones técnicas específicas relativas a los residuos sólidos se podrán establecer sub clasificaciones en función de su peligrosidad o de sus características específicas, como su naturaleza orgánica o inorgánica, física, química, o su potencial reaprovechamiento (EL PERUANO, 2000).

### **3.5.2. Decreto Legislativo N° 1065, que modifica la Ley N° 27314, Ley General de Residuos Sólidos.**

- Art. 10°. Del rol de las municipalidades menciona que 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 estos, 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. Están obligadas a:
  1. Planificar la gestión integral de los residuos sólidos en el ámbito de su jurisdicción, compatibilizando los planes de manejo de residuos sólidos de sus distritos y centros poblados menores, con las políticas de desarrollo local y regional y con sus respectivos Planes de Acondicionamiento y de Desarrollo Urbano.
  2. Regular y fiscalizar el manejo y la prestación de los servicios de residuos sólidos de su jurisdicción.
  3. Emitir opinión fundamentada sobre los proyectos de ordenanzas distritales referidos al manejo de residuos sólidos, incluyendo la cobranza de arbitrios correspondientes.
  4. Asegurar la adecuada limpieza de vías, espacios y monumentos públicos, la recolección y transporte de residuos sólidos en el Distrito del Cercado de las ciudades capitales correspondientes.

5. Aprobar los proyectos de infraestructura de residuos sólidos del ámbito de gestión municipal.
6. Autorizar el funcionamiento de la infraestructura de residuos sólidos del ámbito de gestión municipal y no municipal, con excepción de los indicados en el art. 6 de la presente Ley.
7. Asumir en coordinación con la autoridad de salud de su jurisdicción y el Ministerio del Ambiente, o a pedido de cualquiera de dichas autoridades, según corresponda, la prestación de los residuos sólidos para complementar o suplir la acción de aquellos distritos que no puedan hacerse cargo de los mismos en forma adecuada o que hayan sido declarados en emergencia sanitaria o ambiental. El costo de los servicios prestados deberá ser sufragados por la municipalidad distrital correspondiente.
8. Adoptar medidas conducentes a promover la constitución de empresas prestadoras de servicios de residuos sólidos indicadas en el art. 27 de la presente Ley, así como incentivar y priorizar la prestación privada de dichos servicios.
9. Promover y garantizar servicios de residuos sólidos administrados bajo principios, criterios y contabilidad de costos de carácter empresarial.
10. Suscribir contratos de prestación de servicios de residuos sólidos con las empresas registradas en el ministerio de Salud.
11. Autorizar y fiscalizar el transporte de residuos peligrosos en su jurisdicción, en concordancia con lo establecido en la Ley N° 28256, Ley que regula el Transporte Terrestre de Materiales y

Residuos Peligrosos, con excepción del que se realiza en las vías nacionales y regionales.

12. Implementar progresivamente programas de segregación en la fuente y la recolección selectiva de los residuos sólidos en todo el ámbito de su jurisdicción, facilitando su reaprovechamiento y asegurando su disposición final diferenciada y técnicamente adecuada.

Las municipalidades distritales y las provinciales en lo que concierne a los distritos del cercado, son responsables por la prestación de los servicios de recolección y transporte de los residuos municipales y de la limpieza de vías, espacios y monumentos públicos en su jurisdicción. Los residuos sólidos en su totalidad deberán ser conducidos directamente a infraestructuras de residuos autorizadas por la municipalidad provincial, estando obligados los municipios distritales al pago de los derechos correspondientes.

Las municipales deben ejecutar programas para la progresiva formalización de las personas, operadores y demás entidades que intervienen en el manejo de los residuos sólidos sin las autorizaciones correspondientes (EL PERUANO, 2008).

### **3.5.3. Ley Nº 28611. Ley General del Ambiente**

- Art.1º, menciona 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.

- Art. 67º, menciona que las autoridades públicas de nivel nacional, sectorial, regional y local priorizan medidas de saneamiento básico que incluyan... la disposición de excretas y de los residuos sólidos en las zonas urbanas y rurales, promoviendo la universalidad, calidad y continuidad de los servicios de saneamiento...”
- Art. 119º, en su inciso 1 menciona que La gestión de los residuos sólidos de origen doméstico, comercial o que siendo de origen distinto presenten características similares a aquellos, son de responsabilidad de los gobiernos locales (EL PERUANO, 2005).

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

- Art. 80º, inciso 3 y 3.1, indica que es una función exclusiva de las municipalidades distritales “Proveer el servicio de limpieza pública, determinando las área de acumulación de desechos, rellenos sanitarios...” y en el inciso 1 y 1.1. Establece como una función exclusiva de las municipalidades provinciales: Regular y controlar el proceso de disposición final de desechos sólidos, líquidos y vertimientos industriales en el ámbito provincial. (PRODES, 2003).

#### **3.5.5. Ley N° 29783. Ley de seguridad y salud en el trabajo**

- **Principio de protección:** los trabajadores tienen derecho a que el Estado y los empleadores aseguren condiciones de trabajo dignas que les garanticen un estado de vida saludable, física, mental y socialmente, en forma continua. Dichas condiciones deben propender a:

1. Que el trabajo se desarrolle en un ambiente seguro y saludable.
2. Que las condiciones de trabajo sean compatibles con el bienestar y la dignidad de los trabajadores y ofrezcan posibilidades reales para el logro de los objetivos personales de los trabajadores. (EL PERUANO, 2011).

### **3.6. Materiales**

#### **3.6.1. Área de estudio**

El distrito de Trujillo está ubicado entre: 8° 06' 2.3" Latitud Sur, Meridianos: 79° 01' 34" Longitud Oeste y dista 4.4 km del Océano Pacífico, en la provincia Trujillo, departamento y región de La Libertad. Abarca una extensión de 1,768.65 km<sup>2</sup> con una altitud de 31.16 msnm.

#### **3.6.2. Población**

Para la determinación de la población se aplicó la siguiente fórmula:

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

Dónde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

r = Tasa de crecimiento

n = número de años a proyectar

#### **3.6.3. Muestra**

Para determinar el número de unidades de muestras domiciliarias se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Dónde:

n = Muestra de número de viviendas a ser estudiadas

N = Total de viviendas

Z = Nivel de confianza

$\sigma$  = Desviación estándar

E = error permisible

#### **3.6.4. Obtención de Muestras e Información en los Hogares o Viviendas.**

En las viviendas seleccionadas se tomaron los datos sobre población; como número de habitantes en la zona, número de viviendas, número de personas que habitan por cada vivienda, ingreso económico promedio mensual por hogar, para ello se llevó a cabo lo siguiente:

- a) Se determinó una muestra representativa de viviendas en la zona.
- b) Se designaron las viviendas, utilizando el método al azar.
- c) Se procedió a distribuir diariamente bolsas de plástico de colores para almacenar los DSU producidos durante el día, con dimensiones de 0.52 x 0.35m (bolsa roja) para los desechos sólidos de alimentos (materia orgánica), y de 0.70 x 0.52m (bolsa negra) para desechos sólidos como papeles, plásticos, metales, cartones, vidrios y otros.

- d) Las bolsas fueron recogidas cada día, reemplazándolas a su vez con otras bolsas nuevas, y trasladando las recibidas al sitio de trabajo, posteriormente al botadero del lugar.
- e) Las muestras se llevaron al hangar, área donde se realizó las evaluaciones de los parámetros: generación per cápita (PC), cantidad en peso (W), volumen (V) y el peso específico (D) de los residuos sólidos, análisis de composición y características físicas.

### 3.7. Metodología

#### 3.7.1. Determinación de la producción de los residuos sólidos urbanos (RSU) por habitante o Producción Per Cápita (PPC).

Con los datos registrados y sobre las base del número de habitantes por vivienda se determinó la producción per cápita (PPC) como un promedio de los datos de la semana. Los resultados se registraron en el Formato antes señalado y se expresaron en kilogramos por persona por día (Kg/persona/día).

- Producción per cápita para cada vivienda:

$$PPCi = \frac{Día\ 1 + Día\ 2 + Día\ 3 + Día\ 4 + Día\ 5 + Día\ 6 + Día\ 7}{Número\ de\ habitantes\ x\ 7\ días}$$

Además se calculó la producción per cápita total del distrito:

- Producción per cápita total del distrito:

$$PPC = \frac{PPC1 + PPC2 + PPC3 + \dots + PPCn}{n}$$

Luego de pesado las bolsas, fueron vaciaron sobre piso y se mezclaron uniformemente todos los residuos, luego se dividió los residuos en cuatro partes, se seleccionó al azar las 2 partes opuestas 2 y 4 y las otras dos se desecharon.

Con la primera parte se estimó la densidad de los residuos y con la segunda parte se determinó la composición física.



Figura 6: Cuarteo de muestra para el análisis.

### 3.7.2. Determinación de la Composición Física de los Residuos Sólidos Urbanos en porcentaje (%) de Peso.

Se obtuvo separando manualmente en el lugar de trabajo a cada componente, utilizando para ello, tenazas, pinzas, guantes, gorro y protector nasal. Luego se procedió a determinar el peso de cada componente separado. La composición física se expresa en % de peso, la cual se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ del componente} = \frac{P_i}{WT} \times 100$$

Dónde:  $P_i$  = Peso de cada componente de los residuos.

$WT$  = Peso total de los residuos recolectados en el día.

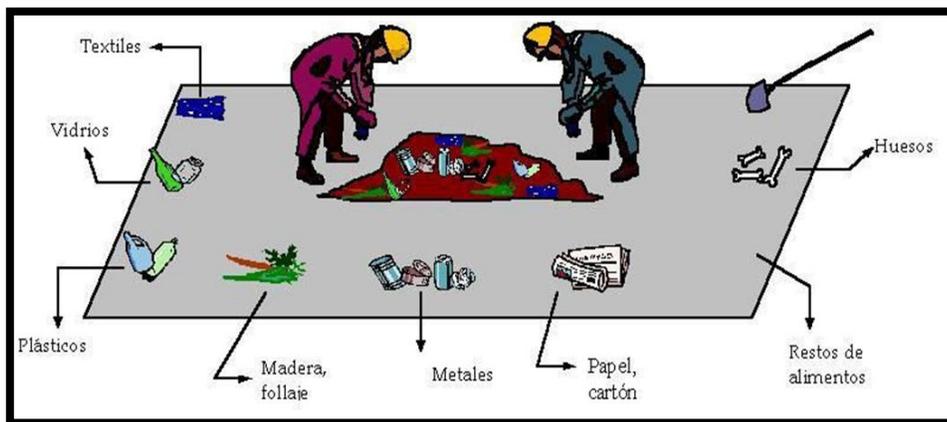


Figura 7: Composición Física de los RSU en porcentaje (%) de Peso.

Se repitió el procedimiento durante los ocho días que duró el estudio de caracterización de los residuos.

Tabla 8: Clasificación de los Residuos Sólidos

| RESIDUO SÓLIDO                          | CARACTERÍSTICAS   |
|---|---|
| Materia Orgánica                        | Considera restos de alimentos, cáscaras de frutas y vegetales, excrementos de animales menores, huesos y similares. |
| Papel                                   | Considera papel blanco tipo bond, papel periódico, hojas de cuadernos, revistas, periódicos, etc.                   |
| Cartón                                  | Considera cartón marrón, cartón blanco, cartón mixto, cajas gruesas o delgadas.                                     |
| Plásticos PET (Polietileno tereftalato) | Considera botellas de bebidas, gaseosas, aceites  |
| Bolsas                                  | Se considera aquellas bolsas chequeras o de despacho.   |
| Vidrio                                  | Considera vidrio blanco, vidrio marrón, vidrio verde, vidrio de ventanas, envases de alimentos.                     |
| Tecknoport y similares                  | Vasos de Tecknoport, platos descartables (blancos y quebradizos), cucharitas transparentes, etc.                    |
| FILL                                    | Envolturas de Snacks, golosinas   |
| Metal                                   | Hojalatas, Tarros de leche, aparatos de hierro y acero  |
| Textil                                  | Restos de tela, Prendas de vestir, etc.   |
| Tetra pack                              | envases de jugos, leches  |
| Inertes                                 | Tierra, piedras, restos de construcción y similares.  |
| Residuos sanitario                      | Papel higiénico, pañales, toallas higiénicas  |

### 3.7.3. Determinación de la densidad de los componentes de los residuos sólidos urbanos (RSU).

Con la primera parte seleccionada, se realizó la prueba de peso volumétrico. Se recogieron y vertió los residuos sin compactarlos en un cilindro de 186 litros, el llenado fue al ras de la boca del cilindro, previamente el cilindro fue pesado (cilindro vacío  $w_1 = 6.20$  kg).

Luego se observó el volumen ocupado por los residuos y el peso de los mismos. El volumen (V) se determinó midiendo la altura del cilindro (h) y su diámetro (d). El volumen de recipiente será:

$$V = \frac{\pi d^2 h}{4}$$

Dónde:

V = Volumen.

d = Diámetro del cilindro.

h = altura de cilindro.

Asimismo se realizó el pesaje del cilindro con contenido (cilindro con RS =  $w_2$ ).

El peso del residuo será  $W = w_2 - w_1$

El cálculo de la densidad de la basura se obtuvo dividiendo el peso resultante de la basura entre el volumen del recipiente lleno (calculado).

$$D = \frac{W}{V}$$

Dónde:

D = Densidad.

V = Volumen

W = Peso del residuo.

### 3.7.4. Determinación de la humedad de los residuos sólidos urbanos

Diariamente se recogieron 2 muestras, cada muestra fue dividida en 5 partes (sub-muestras) de igual peso. Se repitió hasta conseguir que el peso sea de 100 gr. en cada una de las 2 muestras. Las muestras fueron colocadas en 02 cajas Petri de vidrio, previamente pesado ( $W_1$ ). Se procedió a pesar las cajas petri con las muestras ( $W_2$ ), y colocar en una estufa para secado a 110 °C durante 24 horas. Cumplido el tiempo, se retiró el recipiente de la estufa; luego de enfriar y pesar, se procedió a determinar su peso seco ( $W_3$ ). De acuerdo con Aquino y col.12, la humedad se obtuvo aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100$$

Dónde:

$W_1$  = Peso del recipiente

$W_2$  = Peso del recipiente con muestra húmeda

$W_3$  = Peso del recipiente con la muestra sin humedad.

Para lograr los objetivos se realizó las siguientes acciones:

#### **3.7.5. Fase de gabinete**

- Determinación del personal a cargo, horario de trabajo, número y turnos de las unidades recolectoras de los desechos sólidos en el distrito de Trujillo.
- Determinación del porcentaje de cobertura de la recolección de los desechos sólidos.
- Determinación del número de unidades necesarias para la recolección de desechos sólidos (RSU).
- Determinación del sistema de recolección de los residuos sólidos.
- Determinación de las rutas tanto de barrido como de recolección para conocer las actividades realizadas en campo por el personal de cada servicio.

#### **3.7.6. Fase de campo**

- Después de brindarnos la información requerida en forma general, se realizó la visita en campo para la verificación de la información dada.
- En el tema de barrido de calles se fue con el plano de zonas de cada lugar para conocer el trabajo realizado y encontrar los problemas y/o deficiencias durante su trabajo. La visita consistió en supervisar el trabajo durante 30 minutos o una hora.
- Para el tema de recolección de residuos sólidos, con un plano proporcionado por el asistente con las rutas definidas, durante

el trabajo se observó e identificó los puntos críticos del sector, también los problemas y deficiencias tanto del personal como su trato con los vecinos.

- En lo que respecta el tema de la disposición final, en varias ocasiones se visitó al botadero controlado El Milagro concluida la recolección de los residuos y conocer las condiciones en que se encuentra.
- La visita a campo para conocer las actividades de realizo una o dos veces por semana, intercambiando tanto del tema de barrido como de recolección porque se tenían otras actividades en la oficina.
- De este modo la visita en campo me ayudó a cumplir con uno de los objetivos describir los servicios de barrido, recolección y disposición final, a determinar los problemas y deficiencias durante el trabajo, e identificar los puntos críticos de los residuos sólidos en distrito de Trujillo.

**CAPÍTULO IV**  
**RESULTADOS**

#### 4.1. Descripción del sistema de barrido de calles, recolección y disposición final de residuos sólidos

##### 4.1.1. Servicio de barrido de calles y espacios públicos

- Descripción del servicio

El barrido es la actividad de recolección manual o mecánica de los residuos sólidos depositados en la vía pública. El tipo de residuos en la vía pública es muy diverso, estos pueden variar de acuerdo al clima, al número de peatones y al uso del suelo. Entre los principales componentes se encuentran polvo, estiércol, colillas de cigarrillos, envolturas y envases de plástico, cartón, padecería de vidrio, animales muertos, etc. En la actualidad el barrido de las calles en el Distrito de Trujillo se realiza de manera manual, cuenta con 359 auxiliares de barrido (según CAP de SEGAT) y 09 supervisores distribuidos en 6 zonas y Centro Histórico de la ciudad.

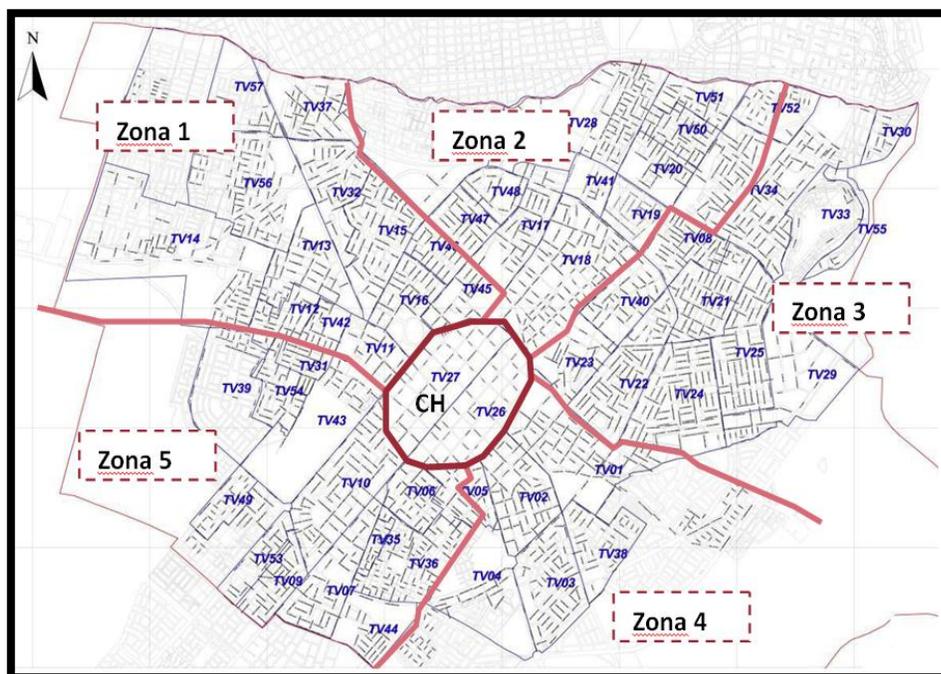


Figura 8: Área de Zona y Territorios Vecinales en el ámbito urbano de Trujillo

- **Equipamiento de trabajo del personal**

Cada auxiliar cuenta el equipamiento es básico está compuesto por escoba, recipiente plástico o coche de 240 litros y recogedores. El personal cuenta con implementos de protección como uniformes, overoles con líneas de color fosforescentes, zapatos de protección, gorro, guantes y mascarilla; la renovación de las escobas es mensual y los recogedores cada tres meses.

Además, para ciertas campañas programadas, los implementos que se cuenta son: carretillas, pala, espátula, trapeadores, baldes, escalera; dependiendo el tipo de actividad como baldeo de plazas, retiro de afiches en postes, etc.



Foto 1: Equipamiento de trabajo del personal de Recolección de RSU del barrido

- **Equipo de Protección Personal**

Se cuenta con el equipo de protección personal básico como: dos polos, camisa, pantalón, gorra, overoles con líneas de color fosforescentes, zapatos de protección, guantes tejidos para barrido y mascarilla. Parte del personal auxiliar no utiliza de manera regular la mascarilla y los guantes, aduciendo que resultan incómodos para el desarrollo de sus actividades, estos uniformes son renovados dos veces al año.



Foto 2: Recolección de Residuos sólidos del barrido

- **Cumplimiento de obligaciones y colaboración de la Población**

Existe una alta morosidad en el pago del servicio de limpieza pública de 40% por parte de los administrados. Por otro lado, los auxiliares de barrido perciben que la colaboración de los ciudadanos es muy poca (67%), manifestando que se ha recolecta en promedio tres

coches de basura al día y que al inicio de la jornada principalmente los días lunes las calles se encuentra muy cargadas (48%).

#### **4.1.2. Descripción del personal**

- **Frecuencia de barrido**

El SEGAT, mediante el Servicio de Limpieza Pública, tiene establecido la frecuencia diaria de barrido de lunes a sábado en el turno de la mañana en las seis zonas que está dividida la ciudad y el centro histórico donde se realiza el barrido en tres turnos (Mañana, Tarde y noche); el día domingo el servicio de barrido se realiza solamente en las principales calles y avenidas de la ciudad.

- **Horario de barrido**

El horario del personal en las seis zonas, se realiza regularmente en el horario diurno comenzando las actividades a partir de las 5:00 horas -13:00 horas; en el Centro Histórico cuenta con tres turnos que son en el turno de mañana a partir de las 6:00 horas– 14:00 horas, turno tarde desde la 14:00 horas - 22:00 horas y el turno noche que se realiza desde las 22:00 horas- 6:00 horas.

En la Tabla 9 se muestra el resumen de las actividades diarias del servicio de barrido encontrado durante el estudio. Se resalta que, el número de auxiliares asignados a las diferentes zonas hacen un total 340 trabajadores.

- **Rendimiento de barrido**

El rendimiento en barrido es promedio de 1.5 km auxiliar/jornada en las afueras de la ciudad, mientras que en el centro histórico cada

trabajador realiza 1 km auxiliar/jornada, por cuanto durante su servicio tiene que hacer 2 o 3 recorridos de repaso.

En Trujillo distrito, se cuenta con 530 km lineales para barrer, ejecutándose 504.9 km lineales, representando 95% de ejecución del servicio.

Tabla 9: Resumen del Servicio de barrido de Limpieza pública - Set-2012

| Zona             | Longitud de barrido (Km) | Frecuencia de barrido | Horario        | Nº de auxiliare |
|------------------|--------------------------|-----------------------|----------------|-----------------|
| 1                | 108.8                    | Diaria (7/7)          | 5-13 h.        | 54              |
| 2                | 100.3                    | Diaria (7/7)          | 5-13 h.        | 68              |
| 3                | 74.3                     | Diaria (7/7)          | 5-13 h.        | 51              |
| 4                | 68.0                     | Diaria (7/7)          | 5-13 h.        | 26              |
| 5                | 98.6                     | Diaria (7/7)          | 5-13 h.        | 50              |
| 6                | 37.9                     | Diaria (7/7)          | 5-13 h.        | 26              |
| Centro Historico | 17.0                     | 3 Veces/día           | 6-14 h.        | 21              |
|                  |                          |                       | 14-22 h.       | 20              |
|                  |                          |                       | 22-6 h.        | 24              |
| <b>Total</b>     | <b>504.9</b>             | -                     | <b>8 horas</b> | <b>340</b>      |

Fuente: Registro de asistencia del mes de septiembre (Servicio de limpieza pública- SEGAT, 2012)

- **Ruta de barrido**

Se cuenta con 241 rutas de barrido, que son cubiertas por los auxiliares de cada zona y verificadas constantemente por el supervisor de la misma; el barrido de la calle se realiza en la acera, calzada (50 cm) en ambos lados.

El barrido de las calles y avenidas que presentan mayor cantidad de residuos sólidos (calles cargadas), se realiza en cuadrillas de 3-5

auxiliares. En el siguiente cuadro se muestra el número de rutas por zona y los supervisores a cargo.

Tabla 10. Zonas y dirección base del barrido de Limpieza pública - Set-2012

| ZONAS            | DIRECCIÓN DE LA BASE                            | Nº DE RUTAS BARRIDAS |
|------------------|---|----------------------|
| 1                | E/zepita y psje Sta Rosa, frente periódico      | 46                   |
| 2                | Hermelinda: América Norte cuadra 13.            | 50                   |
| 3                | Psje Salaverry N° 230 (Costado de ex Sagitario) | 43                   |
| 4                | Ca. Puerto Rico E/29 de Diciembre y Costa Rica  | 26                   |
| 5                | E/zepita y psje Sta Rosa, frente periódico      | 45                   |
| 6                | La Rinconada                                    | 21                   |
| Centro Historico | E/zepita y psje Sta Rosa, frente periódico      | 10                   |
| Total de Rutas   |   | 241                  |

#### 4.1.3. Servicio de recolección de residuos sólidos

- **Almacenamiento de residuos sólidos.**

El almacenamiento temporal de residuos sólidos inicialmente se realiza en las casas, utilizando mayormente recipientes descartables como bolsas plásticas, sacos, baldes plásticos, cajas de cartón y latas. En los mercados, además de los mencionados se estila utilizar cilindros y en las zonas urbano-marginales, predomina el uso de sacos de polipropileno a través de los cuales se traslada a las unidades de recolección.



Foto 3: Tipos de recipientes para el almacenamiento de RSU en el distrito Trujillo:  
a) Baldes plásticos; b) Cilindros; c) Cajones de cartón; d) Costales y bolsas plásticas.

Actualmente en el distrito de Trujillo, se dispone de 29 contenedores de tres metros cúbicos (3m<sup>3</sup>) y cuya ubicación se aprecia en el Anexo 6, en ellos se recogen alrededor de 72.5 ton/día, sin embargo los que están ubicados en la vía pública generan puntos críticos a su alrededor. También se cuenta con 633 papeleras tipo ovni de 0.02 ton, ubicadas en plazas, parques, avenidas y calles principales de la ciudad de alto tránsito, de las cuales se recogen alrededor de 12.6 ton/día.

4

5



Foto 4 y 5: Puntos Críticos: 4). Mercado La Hermelinda, 5) vía pública

- **Descripción del servicio de recolección domiciliaria**

La recolección de los residuos sólidos urbanos se realiza por administración directa, el método de recolección utilizado en la zona domiciliaria es de “casa por casa”, utilizando unidades móviles de la municipalidad, la frecuencia de recolección en el distrito de Trujillo se realiza diariamente.

- **Descripción del servicio de recolección de puntos críticos**

En los puntos críticos, especialmente los cercanos a los mercados el recojo se realiza 2 veces por día.

La cobertura de servicio en el distrito de Trujillo, de acuerdo a lo reportado, es alta, fluctúa entre de 90 a 100%.

La Tabla 11: Corresponde a la cantidad de RSU que se recolectan en el Distrito de Trujillo de los años 2010, 2011 y primer trimestre del 2012, registrados por SEGAT.

| TIPO DE RESIDUO          | ORIGEN                                       | Kg/día  |         |         | PROMEDIO (%) |
|--------------------------|--|---------|---------|---------|--------------|
|                          |  | 2010    | 2011    | 2012    |              |
| Residuos sólidos urbanos | DOMICILIARIOS                                | 202,000 | 149,540 | 167,600 | 64.4         |
|                          | MERCADOS / COMERCIOS                         | 60,000  | 53,000  | 62,000  | 21.7         |
|                          | BARRIDO                                      | 21,000  | 17,000  | 40,600  | 9.8          |
|                          | ESTABLECIMIENTOS DE SALUD (RESIDUOS COMUNES) | 5,000   | 5,000   | 5,000   | 1.9          |
|                          | OTROS  | -       | 6,347   | 6,150   | 2.3          |
| TOTAL RSU                |  | 288,000 | 230,887 | 281,350 | 100.0        |

Los valores que se refieren a “OTROS”, incluyen los residuos comerciales, restos de arreglo de pistas, residuos derivados de actividades industriales como curtiembres, residuos agroindustriales como las productoras de espárragos, avícolas, etc.

Los reportes indican que se recoge y transporta al botadero controlado de El Milagro, (datos a Julio 2012), un promedio de 281.35 ton/día de residuos sólidos generados del Distrito de Trujillo. El incumplimiento de los horarios de recojo y la interrupción del servicio, es debido principalmente a que las compactadoras antiguas continuamente se malogran por fallas como neumáticos, frenos, caja de compactación etc., así como la dificultad de tránsito de la compactadoras nuevas por ciertas vías de la ciudad, debido al tamaño de las unidades, su radio de giro y los anchos de vías.



Fotografía 8: 1. Compactadora International Adquisición 2008, 2. Compactadora Ford. Adquisición 1992, 3. Labores de recolección de residuos sólidos, 4. Volquete de 6 m<sup>3</sup> y Cargador Frontal.

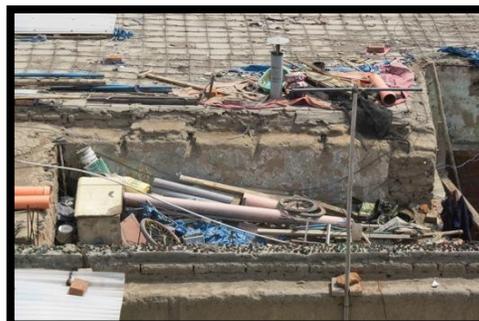
Aún persiste el problema de no respetar los horarios de recolección disponiendo sus residuos en la vía pública en cualquier momento generándose puntos críticos, focos de infección, deteriorando el ornato de la ciudad ya que a este hecho se suma la acción de los perros y los segregadores informales que rompen las bolsas y esparcen los residuos en la vía pública.

Otro aspecto del recojo, es la remoción de escombros en los techos de las viviendas. En el distrito de Trujillo se realiza las denominadas campañas a Limpiar Trujillo alguna de las cuales se han dedicado a limpieza de techo, especialmente en la época de verano donde nos amenaza el fenómeno del niño.

Fotografía 9. Basura en techos



Fotografía 10. Basura en techos



- **Transporte y estaciones de transferencia.**

Las unidades de recolección se encargan de transportar los residuos hacia el botadero controlado de El Milagro ubicado a 13 Km del Distrito de Trujillo. El transporte de los residuos sólidos en la distrito es variado se realiza por medio de compactadoras, volquetes, camiones, camionetas y carretillas Buggi.

El cuadro, es preparado en base a la información sobre las unidades operativas, permitiendo conocer la capacidad real y posibles volúmenes de residuos sólidos a ser recolectados en distritos Trujillo.

Tabla 12: Capacidades operativas promedio en la recolección de RSU distrito Trujillo

| DISTRITO | CANTIDAD | TIPO VEHICULO | CAPACIDAD (M3) | Nº DE VIAJES/DÍA | CANTIDAD RSU RECOG.(ton/día) |        |
|----------|----------|---------------|----------------|------------------|------------------------------|--------|
|          |          |               |                |                  | POR TIPO VEHICULO            | TOTAL  |
| TRUJILLO | 7        | COMPACTADORA  | 15             | 2                | 137.76                       | 609.76 |
|          | 8        | COMPACTADORA  | 6              | 4                | 144.00                       |        |
|          | 3        | VOLQUETE      | 15             | 5                | 246.00                       |        |
|          | 3        | VOLQUETE      | 6              | 5                | 82.00                        |        |

En el distrito de Trujillo, la flota de recolección consta de 7 compactadoras que tienen una capacidad de 13 toneladas en seco y 16 toneladas en basura húmeda (15 toneladas en promedio), de marca International, con una capacidad de compactación de 4 a 1, además se cuenta con 14 compactadoras antiguas que tienen una antigüedad de 20 años, de una capacidad de 7 toneladas, teniendo una relación de compactación de 2:1, de las cuales se encuentran operativas 8 unidades. El año de fabricación de las compactadoras nuevas marca International es de 2008 y de las antiguas marca Ford es 1992.

En esta etapa de transporte se requiere una mayor supervisión para que el área de disposición final sea la zona designada por la Municipalidad Provincial de Trujillo, en muchos distritos ocurre la comercialización de la basura para recuperar material reciclable y materia orgánica. Ocasionando que el material no recuperado quede abandonado en las vías públicas y la aparición de puntos críticos así como focos de contaminación.

En el Distrito de Trujillo no existen estaciones de transferencia.

- **Descripción del personal**

El servicio es brindado con la participación de 02 hasta 03 obreros de recojo de los residuos para lanzarlo al vehículo, 02 obreros en el vehículo para recepcionar los residuos lanzados y 01 conductor por cada vehículo recolector (en total son 5 conductores). Se tiene a cargo 01 supervisor y 01 guardián de los vehículos, que se encargan de la recolección de los residuos sólidos de ámbito municipal.

El total de personal es:

| <i>PERSONAL</i>   | <i>TOTAL</i> |
|-------------------|--------------|
| <i>PERMANENTE</i> | <i>48</i>    |
| <i>CONTRATADO</i> | <i>23</i>    |
| <i>TOTAL</i>      | <i>71</i>    |

El personal que trabaja en recolección de residuos sólidos en el Distrito de Trujillo es 71, de los cuales 48 son permanentes y 23 contratados. Solo considerados en el servicio de recolección y transporte

#### **4.1.4. Descripción del proceso de disposición final de los residuos sólidos**

Para la disposición final de los residuos sólidos, la Provincia de Trujillo cuenta con un botadero municipal controlado a cielo abierto. El botadero controlado El Milagro viene siendo utilizado desde hace 22 años y se accede a través de la Carretera Panamericana Norte hasta el Km 570+700, vía que se encuentra en buenas condiciones, y luego se toma el camino carrozable de 1.5 km hasta el ingreso del Botadero, que se encuentra algo deteriorado. No se cuenta con un área destinada para la disposición final de desmontes de la construcción.

La Ordenanza Municipal N° 010-2007-MPT, dispone como único lugar autorizado para la disposición final de residuos sólidos municipales al predio de 50.29 has denominado Relleno Sanitario de Trujillo, ubicado en el sector El Milagro, distrito de Huanchaco, a 13 km norte del centro histórico, el cual ha sido transferido a la Municipalidad Provincial de Trujillo mediante contrato de donación en Julio del 2009.

Tabla 13: Ingreso diario de RSU al botadero El Milagro.

| TIPO DE RESIDUO       | ORIGEN            | PESO PROMEDIO DIARIO (KG) |                |
|-----------------------|-------------------|---------------------------|----------------|
|                       |                   | Nov. 2011                 | Jul. 2012      |
| MUNICIPALES           | DISTRITO TRUJILLO | 230,887                   | 281,350        |
|                       | OTROS DISTRITOS   | 160,667                   | 231,000        |
|                       | <b>TOTAL</b>      | <b>391,554</b>            | <b>512,350</b> |
| DESMONTE CONSTRUCCIÓN |                   | 159,233                   | 328,000        |
| PODA ARBOLES / MALEZA |                   | 22,667                    | 22,660         |
| <b>TOTAL</b>          |                   | <b>573,454</b>            | <b>863,010</b> |

El registro promedio diario en el mes de Noviembre de 2011, de residuos municipales que ingresan al botadero controlado de El Milagro; se incrementan por los desmonte de construcción y la poda de árboles, haciendo un promedio diario de 573.45 toneladas de residuos sólidos por día. A Julio de 2012, este valor promedio diario es de 863.01 toneladas por día; cabe mencionar que desde el mes de Mayo, algunos distritos vienen regularizando sus envíos al botadero controlado; el distrito de Trujillo contribuye con aproximadamente 632.01 ton/día.

La disposición final de los residuos sólidos representa la problemática más importante para la ciudad de Trujillo, la inadecuada disposición de los residuos en el botadero controlado fomenta la

presencia de segregadores informales así como la de cerdos, al no ser un espacio cerrado y controlado.



Fotografía 11: Disposición final de los residuos sólidos.

Los segregadores trabajan y realizan esta labor con sus familias, en condiciones poco favorables de empleo, seguridad y sanidad, inaceptables desde cualquier punto de vista, generando un problema social al exponerse a riesgos sanitarios, sin prevención de daños a la salud.

Por otro lado, la infraestructura carece de servicios higiénicos, tanque séptico y pozo percolador; pozos de monitoreo; sistema de captación y tratamiento de lixiviados; sistema de captación y tratamiento de gases, sistema de impermeabilización, sistema de pesaje. Cabe indicar que se encuentra en proceso de ejecución la construcción de un nuevo cerco perimétrico para toda el área perimétrica 3,124.94 metros.

Una vez que la basura está depositada, el cargador frontal dispersa la basura o extiende formando una plataforma, y durante éste proceso se realiza la respectiva compactación, para finalmente realizar el sellado con cobertura con arena, tierra o arenilla, la misma que tiene un espesor de 30 a 40 cm. No se realiza la compactación de los taludes. Existen plataformas de 5 a 10 metros de altura.



Fotografía 12: Altura de plataformas en el Botadero de El Milagro



Fotografía 13: Talud de Plataformas en el Botadero de El Milagro.

A la fecha, la disposición final tiene un déficit de maquinaria para poder cumplir con todas las etapas, faltando por ejemplo un tractor de oruga, dos volquetes, un cargador frontal. La maquinaria que actualmente cuenta el botadero controlado no es de exclusividad de esta área, son requeridas por otras aéreas para trabajos específicos, dejando varias veces el trabajo a medio hacer.

Tabla 14: Maquinaria utilizada en la disposición final

| <i>Equipo</i>    | <i>Cant.</i> | <i>Cap. (m<sup>3</sup>)</i> | <i>Año de adquisición</i> | <i>Marca</i>  | <i>Modelo</i> | <i>Rendimiento (galón/día)</i> |
|------------------|--------------|-----------------------------|---------------------------|---------------|---------------|--------------------------------|
| Cargador frontal | 1            | 5                           | 1982                      | CAT           | 966C          | 45                             |
| Volquete         | 1            | 15                          | 2008                      | International |               | 35                             |



Fotografía14: Cargador frontal y camión volquete utilizados en la disposición final.

La Dirección Ejecutiva de Salud Ambiental y la Fiscalía Provincial han dispuesto el estado de emergencia sanitaria, por lo que ordenan tomar las medidas sanitarias mínimas, la construcción de un cerco perimétrico como barrera sanitaria y sistemas de control de gases.

- **Distribución del personal**

El personal que trabaja en este botadero controlado El Milagro es 18, de los cuales 12 son permanentes y 06 contratados. Solo considerados en la disposición final.

| <i>PERSONAL</i>   | <i>TOTAL</i> |
|-------------------|--------------|
| <i>PERMANENTE</i> | <i>12</i>    |
| <i>CONTRATADO</i> | <i>6</i>     |
| <i>TOTAL</i>      | <i>18</i>    |

#### **4.2. Seguimiento**

Se verificó lo siguiente:

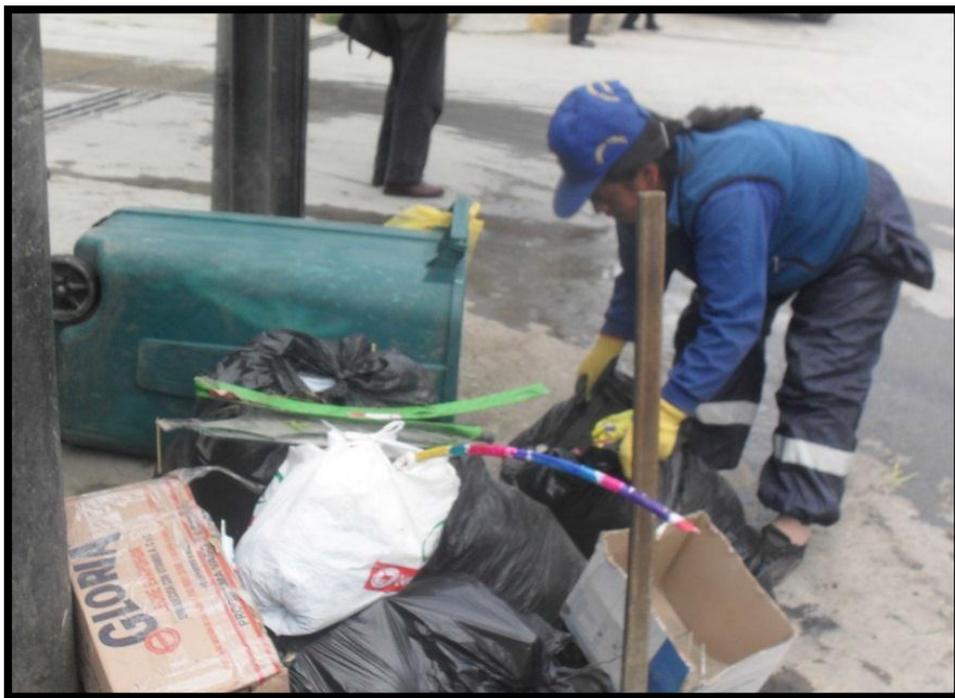
- Incumplimiento de las funciones del personal del servicio de barrido y servicio de recolección en las rutas establecida por la División de Gestión Ambiental.
- Incumplimiento del uso de los equipos de protección personal.
- Identificación de los tipos de recipientes que usa el poblador para su almacenamiento.
- Identificación de puntos críticos en cada sector y problemas en general

##### **4.2.1. Uso de los equipos de protección personal**

En general, el personal de limpieza pública no cumple con el uso respectivo del equipo de protección personal por dos causas

fundamentales: uno es la demora en la entrega y lo otro es el desconocimiento de sus funciones de éstos.

En el barrido de calles - turno mañana, el personal no cuenta con mascarillas o tapaboca, lentes de sol y gorros tapanuca; pero si cuenta con los guantes y zapatos, pero estos son usados de vez en cuando porque el personal manifiesta que le produce cansancio (por ser muy pesado el zapato) y no deja trabajar muy bien (los guantes).



Fotografía 15: Personal sin equipo de protección completo

En el barrido de calles – turno noche se presenta el mismo caso, a excepción de los lentes y gorro tapanuca. En la recolección de residuos sólidos, el personal no cuenta con los respiradores o tapabocas, con los guantes de seguridad de buen material, pero si cuentan con casco, barbiquejo, cortaviento, zapatos punta de acero

que son usados de vez en cuando dando a conocer que les incomoda es usos de estos equipos por el peso que presentan.

#### 4.3. Identificación de los puntos críticos del distrito de Trujillo.

Se define como punto crítico a una zona, calle, urbanización o lugar donde se concentra un foco infeccioso por acumulación de residuos sólidos.

A continuación se presentan la relación de puntos críticos del distrito. El Distrito de Trujillo presenta la mayor cantidad de puntos críticos a diferencia de distritos aledaños, aun cuando ya se está eliminando estos puntos y convirtiéndolos en área verde.

Tabla 15: Relación de Puntos Críticos en el distrito de Trujillo.

| <i>Clase</i>  | <i>Ubicación</i>  | <i>Volumen (m<sup>3</sup>)</i> |
|---------------|---|--------------------------------|
| MUY CRITICO   | La Hermelinda (01) Contenedores (Av. Villareal)           | 8                              |
|               | Av. América Oeste y Jesús de Nazaret (Mall Plaza)         | 30                             |
|               | Av. América Oeste, a 100 metros de Hostal La Luna         | 12                             |
|               | Av. Húsares de Junín (Pje. Santa Beatriz y San Idelfonso) | 6                              |
|               | La Perla (costado del centro de salud Av. América Sur)    | 4                              |
|               | Av. La Marina (Frente a Transportes América Express)      | 30                             |
| MEDIO CRITICO | Av. Jesús de Nazaret y Roma, pared de la U.N.T.           | 2                              |
|               | Av. Colibríes, prolongación Av. Juan Pablo II             | 2                              |
|               | Av. Costa Rica, costado a planta de asfalto de la MPT.    | 1                              |
|               | Urb. San Vicente frente al Colegio Los Mormones           | 2                              |
|               | Limpieza de maleza en la planta de reciclaje              | 2.5                            |
| BAJO CRITICO  | Av. América Sur – costado de la Comisaría La Noria        | 1                              |
|               | Centro de Rehabilitación Av. Miraflores                   | 0.5                            |
|               | Av. Gerónimo de la Torre, Coliseo Cerrado Gran Chimú      | 0.5                            |
|               | Parque frente al Ovalo Papal                              | 1                              |
|               | Av. América Sur, costado del Colegio Bruning              | 1                              |

La limpieza de los puntos críticos está incluida en las rutas de recolección. En caso que el vehículo recolector no se dé abasto, se programan recorridos especiales con volquetes, sin embargo la tendencia debe ser eliminar estos puntos críticos a través de educación, fiscalización e implementación de áreas verdes.

#### **4.4. Problemas y deficiencias identificadas durante la visita al campo**

##### **4.4.1. Problemas encontrados**

- Presencia de carros estacionados en la ruta de recolección: dificultan el pase del volquete recolector esperando hasta que se traslade a otro lugar.



Fotografía 16: Carros estacionados en la Av. Los Incas.

- Impuntualidad por parte de los dos vehículos recolectores contratados. Los dos volquetes contratados, no llegan a la hora puntual, ocasionando la demora, y las personas que suelen sacar sus residuos a esa hora, lo dejan en las esquinas además que atrasa al personal recolector que tiene que cumplir con su horario de trabajo.
- Desconocimiento sobre la importancia del uso de los equipos de protección personal (Desinterés en el tema de salud por parte de los trabajadores).
- Limitado abastecimiento de volquetes para la recolección segura de los residuos sólidos.



Fotografía 17: Vehículo recolector transportando los residuos sólidos hasta su disposición final en el botadero El Milagro.

#### 4.4.2. Deficiencias encontradas

- Los conductores contratados, desconocen la ruta de recolección, por lo que los personales tienen que estar indicando la ruta a seguir, demorando en algunos casos, o como también obviando calles por donde se debe pasar, de esta forma no cumplen con la ruta establecida.
- En la recolección, el conductor no se percata por las ventanas, si el personal ya recogió todo el residuo acopiado, causando que el personal grite y este retroceda para esperar a que se termine el recojo. Por otro lado, cuando ya es lento el movimiento del volquete, el personal carga la basura y lo lleva hasta donde se encuentra el mismo, esto es aproximadamente de 5 a 8 metros provocando el pronto cansancio de los recolectores.
- En caso del personal recolector, al momento de lanzar los residuos al volquete tienen una mala posición que al pasar del tiempo causará dolores de columna por la mala posición. Desconocen el tema de ergonomía.



Fotografía 18: Recolector recogiendo la basura (sin flexionar las rodillas).

- También no se percatan al momento de lanzar la basura si la bolsa está sana y/o amarrada, la cual al lanzarla todo se desparrama cayendo al suelo y pues provocando doble trabajo y pérdida de tiempo.
- Cuando lanzan los residuos, a veces traspasa hasta el otro lado, y como ya el otro recolector está más adelante no se percata de que cayó en la pista dejando así sucia la calles, por lo que deben siempre calcular su fuerza antes de lanzar la basura para no tener quejas con los vecinos de esa calle.



Fotografía 19: Recolector recogiendo los residuos sin equipo personal apropiado.

- En la mayoría del recorrido es dificultoso recoger los residuos desparramados por los perros o por las personas recicladoras informales, aparte de que no tienen sus implementos como es: escoba, recogedor.
- El personal que se encuentra en el volquete, recibiendo la basura, no cumplen con los equipos de protección personal, como es el caso del casco.

- En lo que respecta al barrido de calles: La población, al ver los tachos de limpieza de vías públicas, ponen sus residuos, causando que el recipiente se llene pronto con el volumen de residuos y atrasando al personal con la función de barrido al llevar a acopiarlo.
- En la población existe limitada conocimiento sobre educación y saneamiento ambiental. Vecinos que sacan sus residuos en horarios no establecido y estos son destrozados por los perros.



Fotografía 20: Perro destrozando la basura embolsada y sacada en el horario no establecido.



Fotografía 21: Reciclador informal que después de rebuscar los residuos reciclables, dejan abiertas las bolsas.

#### 4.5. Caracterización de los RSU, distrito de Trujillo

##### 4.5.1. Población del Distrito de Trujillo:

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática, el distrito de Trujillo cuenta al 2007 con 294,899 habitantes. La población del distrito de Trujillo al año 2015 es de 325,712 habitantes, teniendo en cuenta la tasa de crecimiento intercensal (1993-2007) de 1.25%.

$$Pf = Po(1 + r)^n$$

$$Pf = 294,899(1 + 1.25\%)^8$$

$$Pf = 325,712 \text{ habitantes.}$$

#### 4.5.2. Viviendas habitadas en el Distrito de Trujillo

Para estimar el número de viviendas se consideró la información de número de predios habitados por zonas, territorio vecinal y urbanización a la que pertenece. Dicha información se procesó a partir del registro de información del Servicio de Administración Tributaria de Trujillo- SATT 2011. En Anexo 1 se muestra cuadro se presenta los predios habitados por zona y urbanizaciones.

El estudio de caracterización de los RSU en el distrito de Trujillo se estratificó por Estrato de Condición Socioeconómica A, B y C, en cada uno de los estratos se determinó las unidades de muestra que tengan similares condiciones de situación socioeconómica. Los estratos están definidos de la siguiente manera:

Tabla 16: Número de predios por estrato socioeconómico

| <i>ESTRATO SOCIOECONÓMICO</i>   | <i>PREDIOS HABITADOS</i> | <i>PORCENTAJE</i> |
|---|--------------------------|-------------------|
| <b>Estrato A:</b> Son estratos de territorios vecinales habitadas por familias de condición económica medio alto y con todos los servicios públicos consolidados.   | 6,158                    | 11%               |
| <b>Estrato B:</b> Son estratos de territorios vecinales habitadas por familias de condición económica medio bajo y con servicios públicos básicos consolidados.   | 37,835                   | 66%               |
| <b>Estrato C:</b> Son estratos de territorios vecinales habitadas por familias de condición económica bajo y con servicios públicos básicos no consolidados. En el siguiente cuadro se tiene el número de predios habitados o familias por estrato económico. | 13,577                   | 24%               |
| <i>TOTAL</i>  | 57,570                   | 100%              |

Asimismo, las cinco zonas de la ciudad tiene una población variable, la zona 03 es la más habitada con 13,480 predios. En el siguiente cuadro se muestra la distribución de número de predios habitados.

Tabla 17: Número de predios por Zonas de la Ciudad de Trujillo

| ZONAS        | PREDIOS HABITADOS | PORCENTAJE  |
|--------------|-------------------|-------------|
| 1            | 11,159            | 19%         |
| 2            | 11,231            | 20%         |
| 3            | 13,480            | 23%         |
| 4            | 8,630             | 15%         |
| 5            | 12,027            | 21%         |
| CC           | 1,043             | 2%          |
| <b>TOTAL</b> | <b>57,570</b>     | <b>100%</b> |

Las principales actividades generadoras de residuos sólidos en la ciudad se detallan en el Anexo 2. Número de predios o establecimientos generadores de residuos sólidos.

#### 4.5.3. Determinación de la población muestra

Para determinar el número de unidades de muestras domiciliarias se aplicó la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z_{1-\alpha/2}^2 N \sigma^2}{(N-1)E^2 + Z_{1-\alpha/2}^2 \sigma^2}$$

Dónde:

n = Muestra de número de viviendas a ser estudiadas

N = Total de viviendas (57,570)

Z = Nivel de confianza 95% (1.96)

$\sigma$  = Desviación estándar (0.25 Kg./hab./día)

E = error permisible (0.05 Kg./hab./día)

Para las estimaciones de las variables se ha considerado un E= 10% del GPC nacional (0.53 kg/hab/día) y la  $\sigma =$  de 0.20 a 0.25 Kg./hab./día.

A continuación se estima el número de unidades de muestra para el distrito de Trujillo para una población de 57,570 viviendas habitadas. Reemplazando:

$$n = \frac{(1.96)^2 \times (0.25)^2}{(57,570 - 1) \times (0.05)^2 + (1.96)^2 \times (0.05)^2}$$

$$n = \frac{13,822.56}{144.16265}$$

$$n = 95,88 \text{ viviendas} + 10\% \text{ adicionales} = 108 \text{ viviendas}$$

#### **4.5.3.1. Distribución de muestras por zona y estrato socioeconómico**

Para una mejor representatividad de las muestras se distribuyó proporcionalmente en las cinco zonas de la ciudad, tal como se muestra en el siguiente cuadro.

Tabla 18: Distribución de muestras por zonas

| ZONA         | PREDIOS HABITADOS | PORCENTAJE | SUB TOTAL DE MUESTRA | MUESTRA POR ESTRATO |           |           |
|--------------|-------------------|------------|----------------------|---------------------|-----------|-----------|
|              |                   |            |                      | A                   | B         | C         |
| 1            | 11,159            | 19%        | 19                   | 4                   | 12        | 3         |
| 2            | 11,231            | 20%        | 23                   | 0                   | 19        | 4         |
| 3            | 13,480            | 23%        | 23                   | 0                   | 17        | 6         |
| 4            | 8,630             | 15%        | 16                   | 0                   | 13        | 3         |
| 5            | 12,027            | 21%        | 25                   | 4                   | 12        | 9         |
| CC           | 1,043             | 2%         | 2                    | 2                   | 0         | 0         |
| <i>Total</i> | <i>57,570</i>     | <i>-</i>   | <i>108</i>           | <i>10</i>           | <i>73</i> | <i>25</i> |

#### 4.5.4. Resultados de caracterización de RSU

El proceso de caracterización de los RSU se realizó con la toma de 108 muestras, de ellas quedaron eliminadas 5 muestras. A continuación se detalla los resultados de las 103 muestras tomadas.

##### 4.5.4.1. Producción de RSU por vivienda

En el distrito de Trujillo el promedio de generación de residuos sólidos por vivienda es 2.66 kg /vivienda/día, los registro de información de generación por vivienda se presenta en el Anexo 3. Producción diaria de RSU en el Distrito de Trujillo.

Tabla 19: Promedio de producción de RSU por vivienda.

| DIAS             | dia1 | dia2 | dia3 | dia4 | dia5 | dia6 | dia7 | Promedio |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|----------|
| Kg/vivienda/ día | 2,66 | 2,62 | 2,75 | 2,59 | 2,47 | 2,73 | 2,79 | 2.66     |

Con respecto a la Producción de RSU por número de habitantes por vivienda se observa que familias en número de 3 personas por vivienda generan menor cantidad de residuos, en tanto familias conformado por 2 y 4 personas generan la misma cantidad, también 6 y 5 personas por vivienda generan la misma cantidad, por ultimo familias conformado por 7 y 8 personas generan la

misma cantidad y en promedio son los que generan mayor cantidad de residuos por vivienda.

Tabla 20: Análisis de media de generación según Número de Personas por vivienda

| #Personas /Vivienda   | Promedio (kg/vivienda/día) | Análisis de varianza Ducan ( $\alpha=0.05$ ) |
|---|----------------------------|--|
| 3   | 2.15                       | A  |
| 2   | 2.39                       | A B  |
| 4   | 2.47                       | A B  |
| 6   | 2.66                       | A B C  |
| 5   | 2.82                       | B C  |
| 7   | 3.26                       | C D  |
| 8   | 3.63                       | D  |
| Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ) |                            |  |

#### 4.5.4.2. Producción de los RSU per cápita (PPC)

La generación per cápita de RSU en el distrito de Trujillo es 0,612 kg/hab/día. La producción per cápita por estrato socioeconómico no tiene diferencias significativas, mientras que por zonas de la ciudad sí lo es.

Tabla 21: PPC de RSU por zona y estrato socioeconómico (kg/hab/día)

| Zona  | A     | B     | C     | Promedio ( $p=0.7527$ ) | Análisis de Varianza LSD Fisher* ( $\alpha=0.05$ ) |
|---|-------|-------|-------|-------------------------|--|
| Zona 1  | 0.590 | 0.610 | 0.600 | 0.600                   | A B  |
| Zona 2  | -     | 0.570 | 0.600 | 0.580                   | A B  |
| Zona 3  | -     | 0.510 | 0.660 | 0.550                   | A B  |
| Zona 4  | -     | 0.650 | 0.450 | 0.610                   | A B  |
| Zona 5  | 0.810 | 0.660 | 0.760 | 0.720                   | B  |
| Zona CH   | 0.390 | -     | -     | 0.390                   | A  |
| Promedio ( $p=0.6092$ )   | 0.650 | 0.590 | 0.650 | 0.612                   |  |
| * Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ) |       |       |       |                         |  |

Así se observa, la Zona 5 de la ciudad muestra mayor producción per cápita hasta de 0.72 kg/hab/día, mientras que los residentes (no comerciantes) que habitan en el Centro Histórico generan 0.39 kg/hab/día, las demás zonas tienen en promedio los mismos niveles de producción per cápita. Del mismo, en el siguiente gráfico podemos apreciar los niveles de producción per cápita de residuos sólidos en el Distrito de Trujillo.

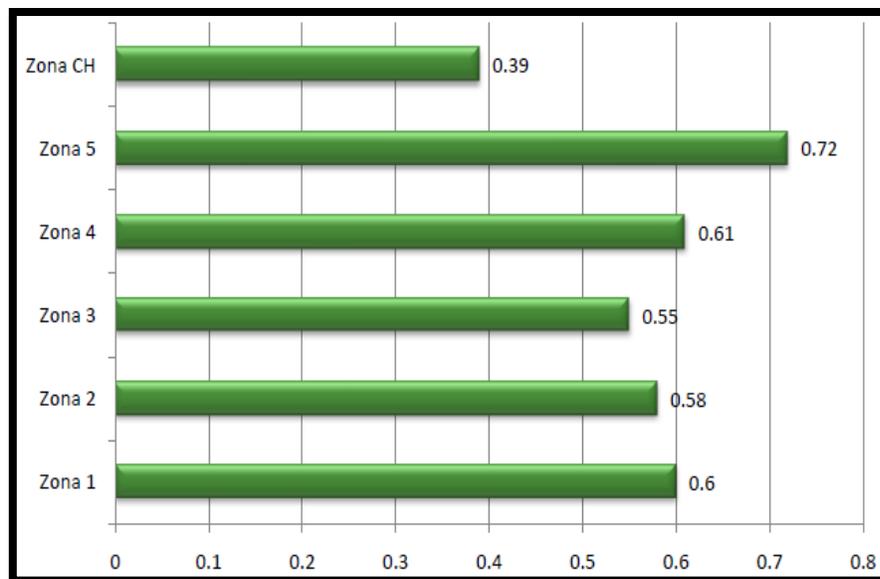


Figura 9: Producción Per-cápita por Zonas (kg/hab/día)

La producción per-cápita varía según el número de personas que viven en casa, así tenemos hogares con mayor número de personas la generación per cápita es menor y a menor número de miembros en el hogar tiende a ser mayor, como se observar en la siguiente figura.

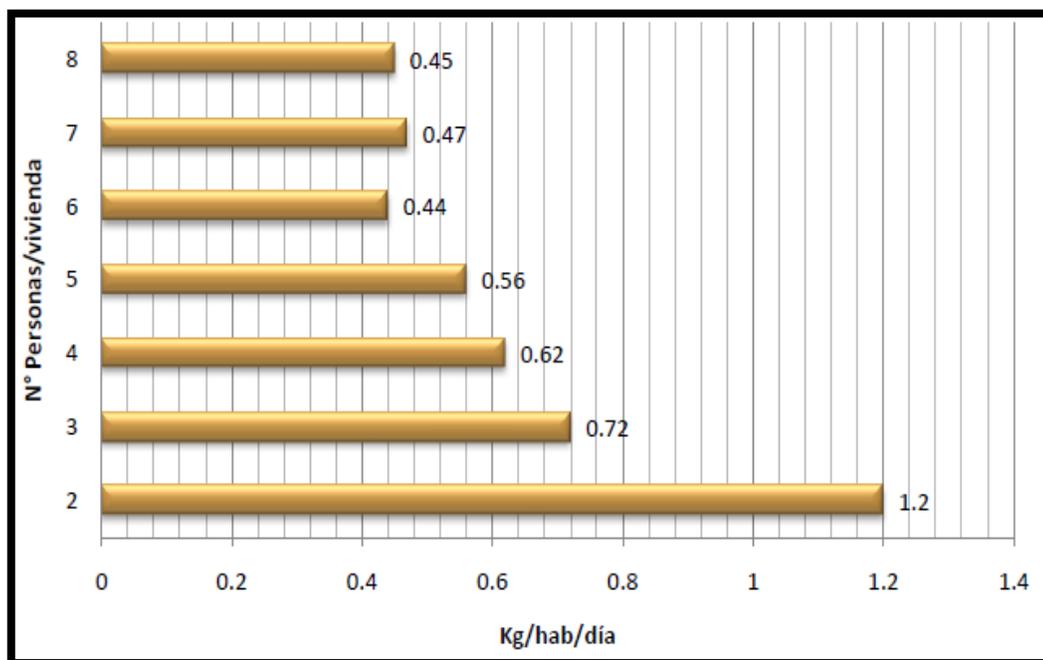


Figura 10: Producción per cápita de RSU según carga familiar

#### 4.5.4.3. Cantidad de RSU que se evacuan diariamente en el distrito de Trujillo

La generación de RSU en el distrito de Trujillo se estima en un total de 199.34 tn/día. (325,712 hab. x 0,612 kg/hab/día)

#### 4.5.4.4. Composición física de RSU

La composición de RSU está compuesta por 52.23% de materia orgánica; 14% de materia inerte (tierra, residuos de vidrio triturados, pequeños pedazos de plástico y papel); 5.91% de pañales de bebés y adultos mayores, 4.45% residuos sanitarios, 4.26% de bolsas, 3.12% de papel blanco y periódico, 2.38% de cartón, 2.09% de vidrio, 2.08% de tela-textiles, 1.78% de metal,

1.66% madera- follaje, 1.54 % de PET y entre otros (4.50%) que se detalla en la figura siguiente:

Tabla 22: Composición Física de los RSU en el Distrito de Trujillo.

| DISTRITO | Componentes de los RSU (% de peso) |                |         |                    |        |                          |        |        |               |       |                |      |       |
|----------|------------------------------------|----------------|---------|--------------------|--------|--------------------------|--------|--------|---------------|-------|----------------|------|-------|
|          | Materia orgánica                   | Materia inerte | Pañales | Residuos sanitario | Bolsas | Papel blanco y periódico | Carton | Vidrio | Tela Textiles | Metal | Madera Follaje | PET  | Otros |
| TRUJILLO | 52.23                              | 14.00          | 5.91    | 4.45               | 4.26   | 3.12                     | 2.38   | 2.09   | 2.08          | 1.78  | 1.66           | 1.54 | 4.50  |

Los elementos de la composición física de los residuos sólidos urbanos del distrito de Trujillo se detallan en el Anexo 4 y Anexo 5.

#### 4.5.4.5. Densidad del RSU

La densidad no compactada de los RSU del distrito de Trujillo es en promedio de 211.52 kg/m<sup>3</sup>. En el siguiente cuadro se presentan el peso de los residuos sólidos en un volumen determinado de 0.186 m<sup>3</sup>.

Tabla 23: Densidad de RSU en el distrito de Trujillo

|                               | Día 1   | Día 2   | Día 3   | Día 4   | Día 5   | Día 6   | Día 7   | PROMEDIO |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|----------|
| Peso cilindro vacío (Kg)      | 6.200   | 6.200   | 6.200   | 6.200   | 6.200   | 6.200   | 6.200   | 6.200    |
| Peso cilindro + RSU(Kg)       | 46.000  | 44.500  | 46.800  | 48.000  | 46.000  | 44.200  | 43.000  | 45.500   |
| Peso RSU (Kg)                 | 39.800  | 38.300  | 40.600  | 41.800  | 39.800  | 38.000  | 36.800  | 39.300   |
| Volumen (m <sup>3</sup> )     | 0.186   | 0.186   | 0.186   | 0.186   | 0.186   | 0.186   | 0.186   | 0.186    |
| Densidad (Kg/m <sup>3</sup> ) | 214.206 | 206.133 | 218.512 | 224.970 | 214.206 | 204.518 | 198.060 | 211.515  |

#### 4.5.4.6. Humedad de los RSU

Al analizar el porcentaje de humedad de los RSU en el distrito de Trujillo, encontramos que el valor promedio es de 70.16 %, como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 24: Porcentaje de humedad de los RSU del distrito de Trujillo.

|             | Día 1  | Día 2  | Día 3  | Día 4  | Día 5  | Día 6  | Día 7  | PROMEDIO |
|-------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| W1 (gr)     | 550.00 | 550.00 | 550.00 | 550.00 | 550.00 | 550.00 | 550.00 | 550.00   |
| W2 (gr)     | 650.00 | 650.00 | 650.00 | 650.00 | 650.00 | 650.00 | 650.00 | 650.00   |
| W3 (gr)     | 581.52 | 579.28 | 577.55 | 580.75 | 578.02 | 580.75 | 581.02 | 579.84   |
| Humedad (%) | 68.48  | 70.72  | 72.45  | 69.25  | 71.98  | 69.25  | 68.98  | 70.16    |

**CAPÍTULO V**  
**DISCUSIÓN**

Según los resultados obtenidos, en el distrito de Trujillo tenemos una producción per cápita promedio de RSU de 0,612 Kg/hab/día, esta cantidad, nos sitúa dentro del rango de producción de RSU de las ciudades de los países en vías de desarrollo con ingreso medio, como lo confirman Riofrío y col. (1994), quienes sostienen que la generación de los desechos sólidos en este país, está entre 0.5 a 0.9 Kg/hab/día.

Con respecto a la composición física de los RSU observamos que la proporción de la materia orgánica es muy alta, debido a que la población integrante, según su capacidad económica, compra y consume mayor cantidad de alimentos no procesados, generando incremento de desechos orgánicos. En contraste, el metal y el vidrio presentan los porcentajes más bajos, reflejando el consumo per cápita más bajo de alimentos empacados en envases de vidrio y metal; concordando con Riofrío y col., que al respecto refieren, que los desechos sólidos alimenticios, constituyen el componente más grande en las ciudades de los países en vías de desarrollo.

La densidad de los Residuos Sólidos Urbanos ,encontrada en las muestras de la zona estudiada, contemplan grandes variaciones según los componentes; el valor promedio de la densidad es de 211.52 kg/m<sup>3</sup>, es parecida a los valores obtenidos para distritos como Coishco (253.460 Kg/m<sup>3</sup>), San Martín de Porras (226 Kg/m<sup>3</sup>), Rímac (261 Kg/m<sup>3</sup>) y Cascas (229.81 Kg/m<sup>3</sup>), concordantes con los valores considerados para países de ingreso medio (170 a 330 Kg/m<sup>3</sup>)<sup>13</sup>. Esta densidad de los desechos sólidos, afecta las características y/o capacidad de los equipos de recolección y transporte, así mismo, altera la capacidad de asimilación de la tierra de los “botaderos”.

El porcentaje de humedad de los Residuos sólidos Urbanos, se encuentra en un rango alto (70.16%), debido a que la población consume mayor cantidad de frutas, hortalizas y alimentos con alto contenido de agua, que de alguna manera debe afectar la recolección; coincidiendo con Cantanhede y Sandoval, que afirman que el contenido de humedad de los RSU biodegradables afecta la recolección, el compost y la incineración, obturan los equipos de los camiones compactadores, desempeñándose con poca eficiencia, cuando están cargados de desechos sólidos con alto contenido de humedad.

El número de camiones compactadores recolectores bien utilizados contribuyen a disminuir la contaminación generada por el inadecuado sistema de recolección de los RSU; concordando con lo que sostiene Cucurull, quien afirma que más bien, son los recolectores o las personas que manipulan los RSU, los que contribuyen a que la contaminación sea creciente, evidenciando una carencia total de educación ambiental y sanitaria.

La modalidad de recolección de los RSU utilizada por la Municipalidad Provincial de Trujillo. Es la recomendada por la OPS/OMS, en el proceso de recolección de los RSU, y si ésta es bien aplicada contribuirá a tener una ciudad saludable y disminuir la contaminación urbana.

La cobertura del servicio de recolección en el distrito de Trujillo, es una consecuencia del apoyo brindado a la Municipalidad por parte del Gobierno Regional y gestiones Municipales propias. Es importante adecuar el turno de la unidad recolectora para evitar quejas de los vecinos, a esto sumar un programa de mantenimiento adecuado y gestionar, en lo posible, la

contratación de personal adicional o ampliar el contrato de los actuales obreros y chofer, sugerencia que también lo reporta Rivas , complementado por Cantanhede y Sandoval, quienes afirman que la frecuencia más apropiada para un servicio satisfactorio y económico está determinada por la cantidad de Residuos Sólidos Urbanos al ser recolectada, el clima y las demandas ciudadanas.

En lo referente a las rutas de recolección seguida por el camión compactador, al ser escogidas, generalmente, por los propios choferes, tienen la desventaja por ser complicado para un buen funcionamiento, esto se refleja en la inseguridad del vecino, que no tiene un horario de recolección fijo o constante. Según la OPS/OMS20, los propósitos del diseño de las rutas de recolección son: Dividir la ciudad en zonas de manera que a cada una se le asigne un determinado equipo de recolección, y desarrollar una ruta a cada sub zona, de manera que facilite a cada equipo realizar el trabajo en menor tiempo y recorrido.

Es imprescindible que comencemos a reflexionar sobre la cantidad de RSU que día a día generamos innecesariamente y cómo podemos reducir este volumen. Es importante, por un lado, reducir nuestros desechos, después reutilizarlos y finalmente reciclarlos; concordando con lo que afirma Batist, quien recomienda analizar la idea del reciclaje, que aunque no sea la solución mágica del problema, si puede contribuir en buena cantidad a disminuir y aprovechar nuestros desechos. En la medida en que controlemos nuestros consumos, y decidamos conscientemente como utilizarlos y como desecharlos, estaremos colaborando en forma activa en la reducción del problema de contaminación por acumulación de los residuos sólidos.

Así mismo, se deben buscar alternativas serias, que conlleven a la industrialización de los RSU, pasar del reciclaje informal y artesanal, a la implementación de proyectos de limpieza pública con la utilización de la ISO 14000 – Calidad total aplicada al medio ambiente y la construcción de una planta de tratamiento de residuos sólidos y un Relleno sanitario Manual de acuerdo a las especificaciones.

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES**

1. La prioridad en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos, relacionada con su tratamiento y disposición final, debe estar orientada a la construcción de planta de tratamiento de los residuos sólidos urbanos, puesto que es urgente minimizar los riesgos para la salud de la población, frenar la contaminación del medio ambiente y el deterioro de los recursos naturales.
2. Los planes sectoriales de Residuos Sólidos Urbanos deben tener como objetivo básico eliminar los botaderos de basura e ir ascendiendo en la jerarquía hacia procesos más limpios.
3. El área de terreno de 5 hectáreas es propiedad del proyecto Chavimochic es transferido a la Municipalidad provincial de Trujillo, para la construcción de una planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos.
4. Se debe planificar charlas de educación ambiental para manejo adecuado de los residuos sólidos urbanos en distrito de Trujillo para todos los trabajadores en limpieza pública y en todos los centros educativos.

**CAPÍTULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

1. Debe anularse todos los botaderos existentes en la jurisdicción del Distrito de Trujillo y colocarlo en la planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos y en rellenos sanitarios a construir.
2. Debe colocarse contenedores de poco peso en diversos lugares del distrito de Trujillo, para que posteriormente sean trasladados los residuos sólidos urbanos, en el recolector hasta la futura planta de tratamiento de los residuos sólidos urbanos.
3. Los residuos sólidos urbanos que llegaran a la futura planta de tratamiento de residuos sólidos urbanos, deben ser procesados en prensa hidráulica, molino, faja transportadora, hasta la zona de lombrices y obtención de humus, para abono de los terrenos agrícolas de la región.
4. Debe incentivarse con premios e incentivos a todos los trabajadores de limpieza pública para que realicen el trabajo correcto, y sin contaminar el medio ambiente.
5. Impulsar campañas de educación y concientización ambiental por sectores para mejorar las conductas respecto al manejo adecuado de los RSU y técnicas de clasificación en grupos pequeños como son los barrios emprendedores, también en instituciones educativas y otros.

**CAPÍTULO VIII**  
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abeles, Tom. “Digestores para fincas pequeñas”, en Diseño y construcción de biodigestores,1985 .Editorial Tecnológica de Costa Rica. Costa Rica.
- Monge G. Bolsa de Residuos: Alternativa de solución a los residuos industriales. Rev “Panorama Ambiental”. Ecología y Desarrollo 1997; 4: 9-
- Del Val A. El Tratamiento de los Desechos Sólidos Urbanos. Ministerio de Fomento de España. 1998.
- Montes de Oca M. Contaminación de Residuos Sólidos. Rev “Panorama Ambiental”. Ecología y Desarrollo 1997; 3: 10-12.
- Tyler-Miller G. Ecología y Medio Ambiente. México, DF: Edit Iberoamericana S.A. 1994.
- Arellano J. Curso de Residuos Sólidos Urbanos en Centros Urbanos. Publicación N° C-33. Universidad de Chile – FCFM. Chile. 1982
- Tchobanoglous G, Theisen H, Vigil SA. Gestión Integral de Residuos Sólidos. España: Mc Graw-Hill/ Interamericana. 1998.
- Piza L. M. Basura Cero “Una propuesta para la gestión de los residuos. 2006. Disponible en la World wide web: <http://www.ecoportel.net/content/view/full/62729>
- Colaboradores de Wikipedia. Distrito de Trujillo. Wikipedia, La enciclopedia libre; 2010. Disponible en la Word wide web: [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Distrito\\_de\\_Trujillo&oldid=59974685](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Distrito_de_Trujillo&oldid=59974685).
- Newbold P. Estadística para Negocios y la Economía. 4° ed. Madrid, España: Edit Prentice may S.A. 1996.
- Rivas ML, Arellano J, Monreal J, Sancha A M. Proyección de la Generación de Residuos Urbanos y su Incidencia en el Futuro

Manejo. Tesis. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Chile. 1992.

- Aquino R, Camacho M, Llanos G. Métodos de Análisis de agua, suelos y residuos. Instituto de Desarrollo y Medio Ambiente (IDMA)/CONCYTEC. Lima, Perú. 1989; p. 73.
- 13. Riofrío G., Olivera L., Gallirgos J. ¿Basura o Desecho? El destino de lo que botamos en Lima. DESCO 1994; p.26.
- Tarquin A. Ingeniería Económica. 3° ed. Bogotá, Colombia: Edit Graw-Hill. 1992.
- EPGAM (Escuela de Planificación y Gestión Ambiental Municipal). Conversión o Clausura de Botaderos, Selección de Sitio y Aspectos de Diseño de Relleno Sanitario. 2005.
- CEPIS (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente). Proyecto Piloto de Recolección de Residuos Sólidos con Métodos no Convencionales. División de Salud y Ambiente. Lima, Perú. 1988.
- Cantanhede A, Sandoval A. Manejo Integral de Residuos Sólidos. Salud Ambiental Universidad Mayor de San Marcos – Ministerio de Salud Pública. Lima, Perú. 1997.
- Cucurull D. Producción y Tratamiento de Residuos Sólidos Urbanos en Catalunya “Situación actual y estrategias futuras”. Barcelona, España: Edit. AEDOS S.A. 1995.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). Residuos Sólidos Municipales. Guía para el diseño, construcción y operación de Rellenos Sanitarios Manuales. Programa de Salud Ambiental. Ser Téc N° 28. Madrid, España. 1991; pp.17-27.
- Batista P. Sistema de aprovechamiento integral de residuos. 1997. Disponible en la World wide web:

<http://www.mensual.prensa.com/mensual.htm>. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). Conferencia de la ONU sobre Medio Ambiente y Desarrollo “Gestión Ecológicamente Racional de los Desechos Sólidos y Aguas Cloacales”. 1992. Solano, Mario. 2003. Antología de Educación y Extensión para el Manejo de los Recursos Naturales. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Costa Rica.

- Umaña, Álvaro. “Tratamiento anaeróbico de desechos agroindustriales factibilidad técnica y beneficios ambientales”, en Diseño y construcción de biodigestores, 1985. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Costa Rica.
- Warpeha, Paul. “Una visión socio-cultural de la aplicación de la tecnología del biógas” en Diseño y construcción de biodigestores, 1985. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Costa Rica.
- Yank. L. Construcción de un biodigestor pequeño para su uso en investigación y docencia. [www.arandu.org.ar/pub/digestororiginal1.2005](http://www.arandu.org.ar/pub/digestororiginal1.2005).

# **ANEXOS**

Anexo 1. Predios habitados por zona y estrato socioeconómico

| ZONA | T.V. | Urbanización   | PREDIOS HABITADOS (FAMILIAS) | ESTRATO SOCIO ECONÓMICO |
|------|------|--|------------------------------|-------------------------|
| 1    | 11   | Gramma Jorge Chávez  | 442                          | B                       |
| 1    | 12   | San Isabel   | 890                          | B                       |
| 1    | 13   | San Inés-San Salvador-Barrio Medico  | 753                          | A                       |
| 1    | 14   | Mansiche-La Esmeralda-El Cortijo-Ciro Alegría - Pedregal san angel - El Tinin - El Valle I Etapa - San Isidro II Etapa - Santa Rosa II                                     | 1593                         | B                       |
| 1    | 15   | Primavera  | 732                          | A                       |
| 1    | 16   | Las Quintanas I Etapa  | 613                          | A                       |
| 1    | 32   | San Fernando - Mochica   | 864                          | A                       |
| 1    | 37   | AAPP Gran Mariscal Cáceres - Mochica Alta - San Blas   | 1124                         | C                       |
| 1    | 42   | J. Faustino Sánchez Carrión  | 401                          | B                       |
| 1    | 46   | Las Quintanas II-Etapa   | 781                          | B                       |
| 1    | 56   | San Isidro I Etapa - San Luis - Semi Rustica Mampuesto A - Los Rosales de San Isidro - El Valle II Etapa - Los Cedros - Los Rosales de Santa Ines - San Jose de Santa Ines | 1918                         | B                       |
| 1    | 57   | Virgen de la Puerta - Alto San Isidro - Los Girasoles de San Isidro - Las Praderas del Norte - San Miguel - La Esperanzita   | 1048                         | C                       |
| 2    | 17   | Miraflores - Los Jardines  | 892                          | B                       |
| 2    | 18   | La Intendencia - El Molino   | 2369                         | B                       |
| 2    | 19   | Daniel Hoyle   | 446                          | B                       |
| 2    | 20   | Los Granados - Nueva Marqueza  | 530                          | B                       |
| 2    | 28   | Santa Teresa de Avila - Semi Rustica Mampuesto - Barrio Mampuesto - Los Naranjos - Santa Lucia   | 781                          | C                       |
| 2    | 34   | La Rinconada - Sol Naciente - Nueva Rinconad - San Carlos - Las Malvinas - El Palomas de Reyna - Santa Otilia - El Huerto  | 1135                         | C                       |
| 2    | 41   | Pay Pay - Leticia  | 195                          | B                       |
| 2    | 45   | Huerta Grande - Barrio Ex Camal Municipal - Barrio Obrero - Residencial Aurora   | 502                          | B                       |
| 2    | 47   | Las Quintanas III y III Etapa - Los Fresnos - Los Geranios - AAHH. Huerta Grande Area B  | 502                          | B                       |
| 2    | 48   | Las Quintanas IV Etapa -Los Jardines - AAHH. Huerta Grande Area A  | 335                          | B                       |
| 2    | 50   | Chimú  | 1227                         | B                       |
| 2    | 51   | La Marqueza - La Molina - El Sol de Chacarero - San Jose   | 1084                         | B                       |
| 2    | 52   | Huerta Bella - Los Portales  | 1124                         | B                       |

| ZONA | T.V. | Urbanización   | PREDIOS HABITADOS (FAMILIAS) | ESTRATO SOCIO ECONÓMICO |
|------|------|--|------------------------------|-------------------------|
| 2    | 60   | Mercado la Hermelinda - Mercado Progreso - Asociacion de Comerciante La Libertad - Señor de los Milagros - Las Americas - Santa Leonor | 109                          | C                       |
| 3    | 8    | Razuri   | 920                          | B                       |
| 3    | 22   | La Noria - Puerta del Sol - El Palomar - Santa Rosalía - Sol de Oro - La Alameda   | 892                          | B                       |
| 3    | 22   | Palermo Sur  | 1394                         | B                       |
| 3    | 23   | Palermo Norte  | 1450                         | B                       |
| 3    | 24   | Santo Dominguito   | 1394                         | B                       |
| 3    | 25   | El Bosque  | 1506                         | B                       |
| 3    | 29   | P.J El Bosque - Semi Rustica El Bosque   | 843                          | C                       |
| 3    | 30   | Urb. Libertad  | 683                          | C                       |
| 3    | 33   | Pesqueda - San Francisco de Asís - Juan Pablo II   | 1546                         | C                       |
| 3    | 40   | Urb. Aranjuez  | 883                          | B                       |
| 3    | 55   | Popular Santa Sofia  | 1124                         | B                       |
| 3    | 58   | La Rinconada I Etapa - Independencia   | 845                          | C                       |
| 4    | 1    | Vista Bella - Singapur - Chicago   | 1566                         | B                       |
| 4    | 2    | Santa María II y III Etapa - Atahualpa   | 1366                         | B                       |
| 4    | 3    | San Vicente - Santa María - El sol - Los Laureles - A. Fujimori  | 1366                         | B                       |
| 4    | 4    | La Perla-San Luis-Los Jazmines-Belén   | 1164                         | C                       |
| 4    | 5    | Torres Araujo - Santa Olga   | 723                          | B                       |
| 4    | 38   | Urb. Las Casuarinas - COVIDUNT - Snata Maria IV Etapa  | 1499                         | B                       |
| 4    | 44   | UPAO - Galeno - Ingenieria   | 589                          | B                       |
| 4    | 59   | Villa del Contador - El Prisma   | 357                          | C                       |
| 5    | 6    | El Recreo  | 636                          | A                       |
| 5    | 7    | La Merced  | 589                          | A                       |
| 5    | 9    | Los Pinos  | 697                          | B                       |
| 5    | 10   | San Andrés   | 928                          | A                       |
| 5    | 31   | El Alambre - 20 de Abril   | 843                          | B                       |
| 5    | 35   | AAHH. Monserrate (AAHH Santa Rosa - AAHH Gran Chimú)   | 1124                         | C                       |
| 5    | 36   | Conjunto Habitacional Monserrate - Sector el Molino  | 2203                         | B                       |
| 5    | 39   | Urb. EL Cortijo Natacha Alta - Asociacion de Viviendas el Carmen (Covicorti)   | 2483                         | C                       |
| 5    | 43   | San Nicolás - Luis Albrecht - Ciudad Universitaria   | 307                          | B                       |
| 5    | 44   | La Arboleda - San Eloy   | 530                          | B                       |

| ZONA                                | T.V. | Urbanización   | PREDIOS HABITADOS (FAMILIAS) | ESTRATO SOCIO ECONÓMICO |
|-------------------------------------|------|--|------------------------------|-------------------------|
| 5                                   | 49   | El Cortijo sector el Alambre - Vista Hermosa - Juan Pablo II - Los Claveles - Las Palmeras de San Andrés - San Judas Tadeo - Las Palmeras - Los Olivos | 335                          | C                       |
| 5                                   | 53   | La Alameda de San Andrés - Los Rosales de san Andrés - Vista Hermosa I Etapa   | 655                          | B                       |
| 5                                   | 54   | Las Capullanas - Trupal - Los Claveles   | 697                          | B                       |
| CC                                  | 26   | Centro Cívico  | 519                          | A                       |
| CC                                  | 27   | Centro Cívico  | 524                          | A                       |
| TOTAL DE PREDIOS HABITADOS APROXIM. |      |  | <b>57,570</b>                |                         |

Anexo 2. Número de predios o establecimientos generadores de residuos sólidos

| Tipo predios  | Subtotal | Total predios | Porcentaje |
|---|----------|---------------|------------|
| Domicilios  |          | 57,570        | 68.04%     |
| Comercios varios  |          | 7,333         | 8.67%      |
| Mercados de bastos  |          | 28            | 0.03%      |
| Centros comerciales y mall  |          | 15            | 0.02%      |
| Instituciones públicas (Gov. Central, Región, Local, Policial, Militar) |          | 108           | 0.13%      |
| Instituciones privadas  |          | 7             | 0.01%      |
| Depósitos y estacionamientos  |          | 607           | 0.72%      |
| Templos, conventos, religiosos  |          | 152           | 0.18%      |
| Compañía de bomberos  |          | 3             | 0.00%      |
| Industrias  |          | 78            | 0.09%      |
| Instituciones Educativas (*):   |          | 14            | 0.84%      |
| Restaurantes, Pollerías, Chifas, Comida al paso (**)                    |          | 942           | 1.11%      |
| Instituciones de Salud (***)  |          | 146           | 0.17%      |
| Terrenos sin construir, terrazas no habitadas                           |          | 9,702         | 11.47%     |
| Otros (servicios en general)  |          | 7,207         | 8.52%      |
| <b>Total</b>  |          | <b>84,612</b> |            |

Fuente: (\*) <http://www.drelalibertad.gob.pe> Estadística de Instituciones Educativas  
(\*\*) Gerencia de Desarrollo Económico - MPT, Licencias de Funcionamiento  
(\*\*\*) <http://www.diresalalibertad.gob.pe>, Categorizaciones de Establecimientos de Salud

Anexo 3. Producción diaria de residuos sólidos urbanos en el distrito de Trujillo (1)

| Zona | ESTRATO | N° VIVIENDA | N° HABITANTES | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | GENERACIÓN PROMEDIO | GENERACION PERCAPITA |
|------|---------|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|----------------------|
|      |         |             |               |       |       |       |       |       |       |       | Kg/vivienda/día     | kg/persona/día       |
| 1    | B       | 1           | 4             | 2.8   | 2     | 1.5   | 2.3   | 1.6   | 1.4   | 3     | 2.086               | 0.521                |
| 1    | A       | 2           | 4             | 2.7   | 2.9   | 5.5   | 3.2   | 2.2   | 4.2   | 3.5   | 3.45                | 0.863                |
| 1    | B       | 3           | 4             | 4.6   | 5     | 5.8   | 7.4   | 4     | 3.6   | 7.2   | 5.371               | 1.343                |
| 1    | B       | 4           | 3             | 1.7   | 1     | 2.1   | 2.5   | 1.1   | 2.5   | 1.2   | 1.714               | 0.571                |
| 1    | B       | 5           | 4             | 3.5   | 2     | 1.1   | 1.4   | 1.3   | 2.5   | 1.4   | 1.871               | 0.468                |
| 1    | B       | 6           | 4             | 1.8   | 1.7   | 5.5   | 1.7   | 2.5   | 5.6   | 3.2   | 3.136               | 0.784                |
| 1    | A       | 7           | 6             | 2.5   | 2.4   | 3     | 2.8   | 2     | 2.2   | 2.3   | 2.45                | 0.408                |
| 1    | A       | 8           | 7             | 5.8   | 5     | 3     | 2     | 1.5   | 4.5   | 3.2   | 3.571               | 0.51                 |
| 1    | C       | 9           | 4             | 2.6   | 1.5   | 1.3   | 2.4   | 1.4   | 1.3   | 1.2   | 1.671               | 0.418                |
| 1    | C       | 10          | 8             | 4     | 6.6   | 5     | 6.4   | 6.7   | 5.2   | 4.1   | 5.421               | 0.678                |
| 1    | B       | 11          | 7             | 3.9   | 2.2   | 2.7   | 2     | 2.7   | 2     | 4.8   | 2.893               | 0.413                |
| 1    | B       | 12          | 4             | 1.5   | 2.5   | 1.1   | 1.9   | 1.9   | 1.5   | 1.3   | 1.664               | 0.416                |
| 1    | B       | 13          | 4             | 2.6   | 1.7   | 1.3   | 2     | 1.8   | 1.6   | 1.2   | 1.729               | 0.432                |
| 1    | B       | 14          | 6             | 2.4   | 2.4   | 2.3   | 2.6   | 2.1   | 2.6   | 2.5   | 2.407               | 0.401                |
| 1    | B       | 15          | 3             | 1.3   | 3.2   | 2.8   | 4.8   | 1.5   | 1     | 1.4   | 2.286               | 0.762                |
| 1    | B       | 16          | 3             | 1.6   | 1.9   | 1.3   | 1.1   | 1.2   | 2.3   | 2.4   | 1.686               | 0.562                |
| 1    | C       | 17          | 3             | 1.7   | 2.8   | 2.1   | 1.5   | 2.8   | 1.4   | 2.3   | 2.079               | 0.693                |
| 2    | B       | 18          | 3             | 3.1   | 5     | 2.1   | 4.5   | 3.8   | 2     | 2.3   | 3.257               | 1.086                |
| 2    | B       | 19          | 5             | 2     | 1.4   | 1.7   | 0.4   | 4.4   | 2     | 2.2   | 2.014               | 0.403                |
| 2    | B       | 20          | 4             | 1.3   | 1.6   | 4.5   | 1.4   | 3.8   | 1.3   | 1.4   | 2.186               | 0.546                |
| 2    | B       | 21          | 4             | 5.5   | 1.5   | 2.1   | 4.5   | 0.9   | 2.2   | 3     | 2.8                 | 0.7                  |
| 2    | B       | 22          | 4             | 1.5   | 1.5   | 2.6   | 1.2   | 2     | 2.5   | 2.5   | 1.964               | 0.491                |
| 2    | B       | 23          | 4             | 0.8   | 0.9   | 0.7   | 0.4   | 5     | 2.9   | 2.8   | 1.914               | 0.479                |
| 2    | B       | 24          | 5             | 3.6   | 5.7   | 3.3   | 2.9   | 2.7   | 3     | 5     | 3.743               | 0.749                |
| 2    | B       | 25          | 5             | 3.3   | 2.5   | 2.7   | 2     | 2     | 2.4   | 2.7   | 2.514               | 0.503                |
| 2    | C       | 26          | 5             | 1.4   | 1     | 8.7   | 2.2   | 1.9   | 2     | 2.6   | 2.821               | 0.564                |
| 2    | C       | 27          | 4             | 2.7   | 1.7   | 4.3   | 2.5   | 0.9   | 1.2   | 1.3   | 2.071               | 0.518                |
| 2    | C       | 28          | 5             | 3.8   | 2.8   | 1.5   | 2.7   | 1.5   | 1.4   | 3     | 2.386               | 0.477                |
| 2    | B       | 29          | 5             | 2.3   | 2.5   | 1.5   | 2     | 2.4   | 1.9   | 2.3   | 2.114               | 0.423                |
| 2    | B       | 30          | 5             | 1.5   | 1.6   | 2     | 4.5   | 2.1   | 1.9   | 2.7   | 2.321               | 0.464                |
| 2    | B       | 31          | 6             | 1.7   | 2.7   | 2.2   | 0.9   | 2.8   | 3     | 3.6   | 2.407               | 0.401                |
| 2    | B       | 32          | 3             | 1.2   | 4.9   | 2.5   | 1.9   | 2.4   | 1.4   | 3     | 2.45                | 0.817                |
| 2    | B       | 33          | 8             | 3     | 1.2   | 4.9   | 2.6   | 3.9   | 5     | 4.3   | 3.55                | 0.444                |
| 2    | B       | 34          | 5             | 2.4   | 2.1   | 2.4   | 2.6   | 1.8   | 4.3   | 0.9   | 2.357               | 0.471                |
| 2    | B       | 35          | 3             | 2.4   | 3.9   | 1.9   | 1.9   | 2.2   | 1.5   | 2     | 2.25                | 0.75                 |

Anexo 3. Producción diaria de residuos sólidos urbanos en el distrito de Trujillo (2)

| Zona | ESTRATO | N° VIVIENDA | N° HABITANTES | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | GENERACIÓN PROMEDIO | GENERACION PERCAPITA |
|------|---------|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|----------------------|
|      |         |             |               |       |       |       |       |       |       |       | Kg/vivienda/día     | kg/persona/día       |
| 2    | B       | 36          | 8             | 3.    | 2.    | 3.    | 2.    | 3.    | 2.    | 3.    | 3.193               | 0.399                |
| 2    | B       | 37          | 4             | 1.    | 1.    | 1.    | 2.    | 5.    | 6.    | 1.    | 2.814               | 0.704                |
| 2    | B       | 38          | 4             | 2.    | 4.    | 2.    | 1.    | 3     | 1.    | 1     | 2.336               | 0.584                |
| 2    | B       | 39          | 4             | 2     | 1.    | 2.    | 1.    | 1.    | 2.    | 1.    | 1.857               | 0.464                |
| 2    | C       | 40          | 5             | 4.    | 6.    | 4.    | 5.    | 1.    | 3     | 4.    | 4.186               | 0.837                |
| 3    | B       | 41          | 7             | 2.    | 2.    | 3.    | 2.    | 2.    | 2.    | 2.    | 2.707               | 0.387                |
| 3    | B       | 42          | 6             | 2.    | 3.    | 3.    | 3.    | 3.    | 3.    | 6.    | 3.679               | 0.613                |
| 3    | B       | 43          | 7             | 3.    | 3.    | 4.    | 2.    | 2.    | 4.    | 3.    | 3.436               | 0.491                |
| 3    | B       | 44          | 2             | 0.    | 2.    | 1     | 0.    | 0.    | 1.    | 3.    | 1.386               | 0.693                |
| 3    | B       | 45          | 7             | 2.    | 2.    | 2.    | 1.    | 2     | 2.    | 6.    | 2.879               | 0.411                |
| 3    | B       | 46          | 5             | 5.    | 2     | 4.    | 6.    | 1.    | 2.    | 3.    | 3.643               | 0.729                |
| 3    | B       | 47          | 6             | 3.    | 3.    | 2.    | 1.    | 1.    | 2     | 2.    | 2.507               | 0.418                |
| 3    | B       | 48          | 6             | 2.    | 2.    | 3.    | 2.    | 2.    | 2.    | 2.    | 2.529               | 0.421                |
| 3    | B       | 49          | 7             | 2.    | 2.    | 3.    | 3.    | 2.    | 3.    | 2.    | 2.829               | 0.404                |
| 3    | B       | 50          | 6             | 2     | 2.    | 2.    | 4.    | 2.    | 3.    | 2.    | 2.857               | 0.476                |
| 3    | B       | 51          | 8             | 2.    | 2.    | 3.    | 2.    | 2.    | 2.    | 6.    | 3.179               | 0.397                |
| 3    | B       | 52          | 5             | 2     | 3.    | 4.    | 1.    | 3     | 2.    | 2.    | 2.793               | 0.559                |
| 3    | C       | 53          | 4             | 2.    | 1.    | 2.    | 1.    | 1.    | 2.    | 2.    | 2.114               | 0.529                |
| 3    | C       | 54          | 2             | 2.    | 1.    | 2.    | 3.    | 2.    | 1.    | 0.    | 2.121               | 1.061                |
| 3    | C       | 55          | 4             | 1.    | 3.    | 2.    | 1.    | 1.    | 1.    | 1.    | 1.871               | 0.468                |
| 3    | C       | 56          | 6             | 2.    | 6.    | 3.    | 1.    | 1.    | 1.    | 1.    | 2.7                 | 0.45                 |
| 3    | B       | 57          | 5             | 1.    | 2     | 1.    | 1.    | 3.    | 2.    | 2.    | 2.114               | 0.423                |
| 3    | B       | 58          | 5             | 3.    | 4.    | 5.    | 3.    | 4.    | 2.    | 3.    | 3.807               | 0.761                |
| 3    | B       | 59          | 5             | 2.    | 1.    | 1.    | 0.    | 1.    | 4.    | 5     | 2.4                 | 0.48                 |
| 3    | C       | 60          | 7             | 4.    | 6.    | 5.    | 1.    | 6.    | 6.    | 7.    | 5.45                | 0.779                |
| 4    | B       | 61          | 5             | 1.    | 3     | 0.    | 0.    | 3.    | 3.    | 2.    | 2.229               | 0.446                |
| 4    | B       | 62          | 3             | 3     | 3.    | 3.    | 3.    | 2     | 2     | 2.    | 2.886               | 0.962                |
| 4    | B       | 63          | 2             | 3     | 1.    | 2.    | 2.    | 1.    | 1     | 2.    | 1.921               | 0.961                |
| 4    | B       | 64          | 4             | 2.    | 2     | 1.    | 1.    | 1.    | 1.    | 1.    | 1.736               | 0.434                |
| 4    | B       | 65          | 3             | 3.    | 2.    | 4.    | 4.    | 2.    | 2     | 3.    | 3.236               | 1.079                |
| 4    | B       | 66          | 3             | 1.    | 1.    | 1.    | 0.    | 0.    | 3.    | 3     | 1.779               | 0.593                |
| 4    | B       | 67          | 6             | 2.    | 1.    | 5.    | 2.    | 1.    | 4     | 2.    | 2.693               | 0.449                |
| 4    | B       | 68          | 3             | 1     | 2.    | 1     | 1     | 2.    | 1.    | 2.    | 1.664               | 0.555                |
| 4    | C       | 69          | 8             | 3.    | 3.    | 2.    | 3.    | 2.    | 4.    | 3.    | 3.329               | 0.416                |
| 4    | C       | 70          | 7             | 3.    | 2.    | 3.    | 2.    | 3.    | 2.    | 2.    | 2.857               | 0.408                |
| 4    | B       | 71          | 4             | 5.    | 2.    | 3     | 3.    | 2.    | 4     | 5     | 3.714               | 0.929                |
| 4    | B       | 72          | 6             | 5.    | 2.    | 3     | 4.    | 3.    | 1.    | 3     | 3.264               | 0.544                |

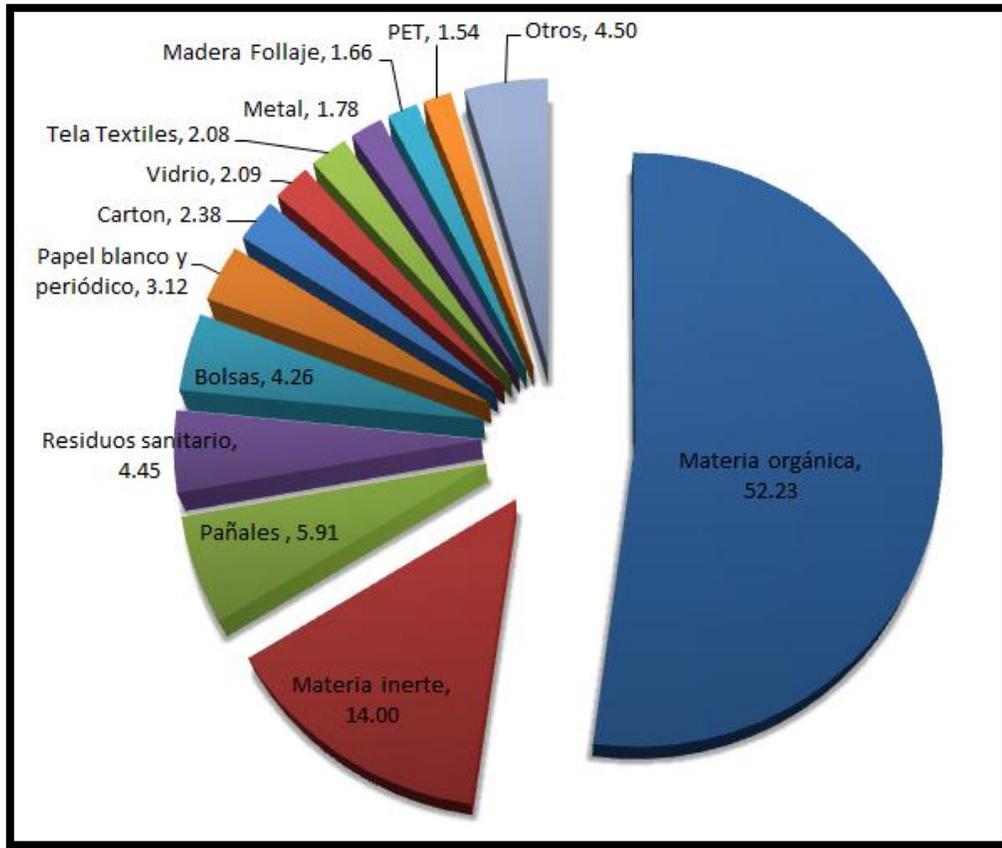
Anexo 3. Producción diaria de residuos sólidos urbanos en el distrito de Trujillo (3)

| Zona                                      | ESTRATO | N° VIVIENDA | N° HABITANTES | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | GENERACIÓN PROMEDIO | GENERACION PERCAPITA |
|---|---------|-------------|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|----------------------|
|   |         |             |               |       |       |       |       |       |       |       | Kg/vivienda/día     | kg/persona/día       |
| 4   | B       | 74          | 6             | 2.5   | 2.1   | 2.3   | 1.9   | 2.8   | 2.8   | 2.2   | 2.357               | 0.393                |
| 4   | C       | 76          | 4             | 2.7   | 2     | 1.8   | 2.2   | 2.3   | 1.4   | 2.5   | 2.121               | 0.53                 |
| CH  | A       | 77          | 7             | 2.8   | 2.6   | 2.9   | 2.6   | 2.8   | 2.4   | 2.8   | 2.693               | 0.385                |
|   | A       | 78          | 6             | 3.7   | 1.5   | 2.2   | 2.8   | 2.8   | 2.4   | 1.7   | 2.421               | 0.404                |
| 5   | A       | 79          | 4             | 2.6   | 2.6   | 3.3   | 0.9   | 0.9   | 4.1   | 3     | 2.479               | 0.62                 |
| 5   | A       | 80          | 3             | 2.1   | 2.2   | 2.2   | 2     | 3.4   | 2.1   | 2.3   | 2.329               | 0.776                |
| 5   | B       | 81          | 4             | 1     | 2     | 1.8   | 1.2   | 2.2   | 3     | 1.6   | 1.821               | 0.455                |
| 5   | A       | 82          | 5             | 1.9   | 2.8   | 5.7   | 2.5   | 1.4   | 3     | 2.3   | 2.8                 | 0.56                 |
| 5   | A       | 83          | 2             | 1.9   | 2.7   | 1.2   | 2.1   | 2.3   | 5.7   | 2.3   | 2.593               | 1.296                |
| 5   | B       | 84          | 5             | 0.4   | 1.1   | 4     | 2.5   | 1     | 4.5   | 1.3   | 2.107               | 0.421                |
| 5   | B       | 85          | 6             | 2.3   | 2     | 2     | 1.8   | 3     | 4.3   | 1.5   | 2.4                 | 0.4                  |
| 5   | C       | 87          | 5             | 1.6   | 3.7   | 3     | 2.7   | 3.3   | 4.1   | 7     | 3.629               | 0.726                |
| 5   | C       | 88          | 3             | 1.3   | 0.5   | 1.8   | 1.3   | 1.3   | 1.4   | 1.9   | 1.343               | 0.448                |
| 5   | B       | 89          | 2             | 1     | 2.5   | 3.8   | 5.9   | 2.5   | 2     | 4.8   | 3.193               | 1.596                |
| 5   | B       | 90          | 4             | 3.9   | 4.8   | 1.1   | 7     | 2     | 3.8   | 3.5   | 3.721               | 0.93                 |
| 5   | B       | 92          | 6             | 1.1   | 2.3   | 1.2   | 6.8   | 2.9   | 1.3   | 1.4   | 2.414               | 0.402                |
| 5   | B       | 93          | 4             | 2.1   | 1.6   | 3     | 4.5   | 2.7   | 1.9   | 2.5   | 2.607               | 0.652                |
| 5   | C       | 94          | 3             | 1.2   | 1.3   | 2.7   | 1.2   | 3.6   | 1.4   | 1.1   | 1.786               | 0.595                |
| 5   | C       | 96          | 8             | 6.5   | 2.3   | 1.4   | 2.1   | 6.4   | 2.3   | 2.1   | 3.3                 | 0.413                |
| 5   | C       | 98          | 5             | 5.2   | 3.3   | 3.2   | 3.5   | 3.3   | 5.4   | 5.8   | 4.236               | 0.847                |
| 5   | B       | 100         | 3             | 0.5   | 1.7   | 1.1   | 2.2   | 3     | 2.3   | 1.2   | 1.693               | 0.564                |
| 5   | B       | 102         | 2             | 3.6   | 2.4   | 1.5   | 2     | 0.8   | 0.9   | 0.4   | 1.643               | 0.821                |
| DETERMINACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PER-CAPITA |         |             |               |       |       |       |       |       |       |       | 2.658               | 0.612                |

Anexo 4. Composición física de los residuos sólidos urbanos del distrito de Trujillo

| Tipo de residuos sólidos  | Dia 1 | Dia 2 | Dia 3 | Dia 4 | Dia 5 | Dia 6 | Dia 7 | Total Kg | Comp. % |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|---------|
|   | kg    |          |         |
| 1. Materia Organica 1   | 37    | 30.7  | 32    | 24.2  | 18    | 22.4  | 9     | 173      | 52.23%  |
| 2. Madera, Follaje 2  | -     | 0.25  | 0.15  | 0.95  | 0.55  | 3.5   | 0.1   | 5.5      | 1.66%   |
| 3. Papel 3  | 0.5   | 0.6   | 0.65  | 1.5   | 2     | 2.8   | 2.3   | 10.4     | 3.12%   |
| 4. Cartón   | 0.8   | 0.7   | 1.3   | 0.7   | 0.7   | 3.2   | 0.5   | 7.9      | 2.38%   |
| 5. Vidrio   | 0.75  | 1.85  | 1.2   | 0.25  | 0.35  | 2     | 0.55  | 6.95     | 2.09%   |
| 6. Plásticos PET 4  | 0.5   | 0.45  | 0.55  | 0.6   | 0.4   | 1.3   | 1.3   | 5.1      | 1.54%   |
| 7. Plástico Duro 5  | 0.6   | 0.85  | 1.05  | 0.45  | 0.2   | -     | 0.1   | 3.25     | 0.98%   |
| 8. Bolsas   | 2.95  | 2.3   | 3.4   | 2.2   | 1     | 0.8   | 1.5   | 14.2     | 4.26%   |
| 9. Tecnopor y similares 6   | 0.25  | 0.2   | 0.2   | -     | 0.2   | 0.6   | 0.15  | 1.6      | 0.48%   |
| 10. Metal (latas, chapas,   | 1.5   | 0.85  | 1.2   | 0.55  | 0.5   | 0.8   | 0.5   | 5.9      | 1.78%   |
| 11. Telas, textiles   | 0.85  | 0.3   | 0.9   | 0.1   | 0.2   | 4.3   | 0.25  | 6.9      | 2.08%   |
| 12. Caucho, cuero, jebe   | 0.3   | -     | -     | -     | 1.45  | -     | -     | 1.75     | 0.53%   |
| 13. Pilas   | 0.1   | -     | -     | -     | -     | -     | -     | 0.1      | 0.03%   |
| 14. Restos de medicinas,  | -     | 0.1   | 0.15  | 0.2   | -     | -     | -     | 0.45     | 0.14%   |
| 15. Residuos Sanitarios 8   | 2.85  | 3.05  | 2.7   | 1.85  | 1.6   | 1.4   | 1.3   | 14.8     | 4.45%   |
| 16. Residuos Inertes 9  | 3.6   | 5.2   | 7.8   | 7.6   | 8.8   | 6.7   | 7.4   | 47.1     | 14.20%  |
| 17. Otros (corrospun) 10  | -     | 0.05  | 0.15  | -     | -     | -     | 0.2   | 0.4      | 0.12%   |
| 18. Pañales   | 2.25  | 4.3   | 2.75  | 3.1   | 2.5   | 1.5   | 3.2   | 19.6     | 5.91%   |
| 19. Papel cuchet  | 0.35  | 0.2   | 1.55  | -     | 2.1   | -     | -     | 4.2      | 1.27%   |
| 20. Tetrapack   | 0.3   | 0.3   | 0.2   | 0.3   | 0.25  | 0.1   | 0.15  | 1.6      | 0.48%   |
| 21. Material plastico   | 0.4   | -     | 0.1   | -     | 0.15  | 0.2   | 0.1   | 0.95     | 0.29%   |
| TOTAL   |       |       |       |       |       |       |       | 332      | 100%    |
| <p>(1) Considera restos de alimentos, cáscaras de fruta y vegetales, excrementos de animales, huesos y similares.</p> <p>(2) Considera ramas, tallos, raíces, hojas y cualquier otra parte de las plantas producto del clima y las podas.</p> <p>(3) Considera papel blanco tipo bond, papel periódico otros.</p> <p>(4) Considera botellas de bebidas, gaseosas.</p> <p>(5) Considera frascos, bateas, otros recipientes.</p> <p>(6) Si es representativo considerarlo en este rubro, de lo contrario incorporarlo en otro.</p> <p>(7) Considera restos de medicina, focos, fluorescentes, envases de pintura, plaguicidas y similares.</p> <p>(8) Considera papel higiénicos, pañales y toallas higiénicas. (9) Considera, tierra, piedras y similares.</p> <p>(10) El rubro "otros" debe ser el más pequeño posible, procurando identificar sus componentes.</p> |       |       |       |       |       |       |       |          |         |

Anexo 5. Composición física de los RSU en porcentaje de peso del distrito de Trujillo



Anexo 6. Guía de reconocimiento de campo para plásticos

| TIPO |             | NOMBRE                                      | CARACTERISTICAS   | MATERIALES   |
|------|-------------|---|---|--|
| 1    | PET         | Polietilen tereftalato                      | Resistente al corte y al doblado  | Botellas transparentes de gaseosa, cosméticos, empaques electrónicos, cintas de video y audio, películas radiográficas.  |
| 2    | PEAD (HDPE) | Polietileno de alta densidad                | Bolsas opacas y delgadas, crujen y no se corren (se deforman al estirar), botellas opacas o coloreadas, son más rígidos que el PP y se les puede rayar                              | Botellas de shampoo, botellas de yogurt, baldes de pintura, bolsas de electrónicos, jabs de cerveza, bateas y tinas, menaje, cajones de pescado                          |
| 3    | PVC         | Cloruro de polivinilo                       | Las piezas dejan una línea blanca al doblarlas  | Tubos, botellas de aceite, aislantes eléctricos, pisos, pelotas, planta de zapatillas, botas, bolsas de sangre   |
| 4    | PEBD (LDPE) | Polietileno de baja densidad                | Bolsas transparentes y gruesas, no crujen ni corren, (se deforman al estirar). Muy duras y blancas, si se raspan el polvillo se aglomera, se deforman si se doblan                  | Bolsas de supermercado, piezas diversas (de laboratorio), botellas de jarabes y pomos de cremas, bolsas de suero, bolsas de leche, etiquetas de gaseosas, bateas y tinas |
| 5    | PP          | Polipropileno                               | Empaques muy crujientes, se corren al deformarlos (sin deformar). Al doblar la pieza, retorna a su forma original.  | Empaques de alimentos (fideos y galletas) recipientes de ayudin, tapas para baldes de pintura, tapas de gaseosas, esturches negros de cd's                               |
| 6    | PS          | Poliestireno                                | Empaques muy frágiles, de colores muy brillantes. Es difícil doblar la pieza y se quiebra, son resistentes al rayado, si se raspan forman polivinilo, las piezas suenan a metálico. | Juguetes, jeringas, cucharitas transparentes, vasos de tecknopor, cuchillas de afeitar, platos descartables (blancos y quebradizos) cassettes.                           |
| 7    | ABS         | Poliuretano, policarbonato, poliamida otros | Materiales con características especiales, resultan de la mezcla de diversos plásticos, aditivos y componentes orgánicos  | Cd's baquelita (asas de ollas), micas, carcasas de computadoras y celulares, piezas de acabado de muebles.   |

Anexo 7. Relación de contenedores en el distrito de Trujillo

| Nº  | DESCRIPCION                                      | CANT | PESO | FRECU | TN     |
|---|--|------|------|-------|--------|
| 1   | MERCADO HERMELINDA- PROL. AV. F. VILLARREAL      | 2    | 2.5  | 3     | 15     |
| 2   | MERCADO HERMELINDA- AV. LIBERTAD                 | 1    | 2.5  | 3     | 7.5    |
| 3   | MERCADO HERMELINDA- MCDO. DE ANIMALES            | 1    | 2.5  | 3     | 7.5    |
| 4   | MERCADO HERMELINDA- AV. EL PROGRESO              | 1    | 2.5  | 3     | 7.5    |
| 5   | MERCADO HERMELINDA- AV. LOS LAURELES             | 2    | 2.5  | 3     | 15     |
| 6   | CUARTEL BIM 32                                   | 1    | 2.5  | 0.33  | 0.825  |
| 7   | CEMENTERIO CHINO                                 | 1    | 2.5  | 0     | 0      |
| 8   | MERCADO UNION                                    | 1    | 2.5  | 0     | 0      |
| 9   | URB. SAN ISIDRO II ETAPA                         | 1    | 2.5  | 1     | 2.5    |
| 10  | MALL AVENTURA PLAZA                              | 2    | 2.5  | 2     | 10     |
| 11  | HOSPITAL REGIONAL                                | 2    | 2.5  | 1     | 5      |
| 12  | FACULTAD DE MEDICINA (UNT)                       | 1    | 2.5  | 0.5   | 1.25   |
| 13  | UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO                 | 2    | 2.5  | 0.5   | 2.5    |
| 14  | UNIVERSIDAD PARTICULAR ANTONIO ORREGO            | 1    | 2.5  | 0.25  | 0.625  |
| 15  | EXHACIENDA LA ENCALADA                           | 1    | 2.5  | 1     | 2.5    |
| 16  | MERCADO DE PAPAS                                 | 1    | 2.5  | 1     | 2.5    |
| 17  | COOPERATIVA SANTA ROSA                           | 1    | 2.5  | 0     | 0      |
| 18  | MERCADO MAYORISTA EN Av. Vallejo (Av. Los Incas) | 1    | 2.5  | 5     | 12.5   |
| 19  | MERCADO MAYORISTA EN GALVEZ-AV. LOS INCAS        | 1    | 2.5  | 5     | 12.5   |
| 20  | MERCADO MAYORISTA AV. SINCHI ROCA                | 1    | 2.5  | 2     | 5      |
| 21  | DIRELL   | 1    | 2.5  | 0.25  | 0.625  |
| 22  | SANIDAD DE LA PNP                                | 2    | 2.5  | 1     | 5      |
| 23  | HOSPITAL BELEN                                   | 1    | 2.5  | 1     | 2.5    |
| 24  | MERCADO CENTRAL                                  | 1    | 2.5  | 3     | 7.5    |
| 25  | MERCADO LA RINCONADA                             | 1    | 2.5  | 1     | 2.5    |
| 26  | MERCADO SANTO DOMINGUITO                         | 1    | 2.5  | 2     | 5      |
| 27  | PROLONGAC. AV. VALLEJO (URB. LA RINCONADA)       | 1    | 2.5  | 0     | 0      |
| 28  | HOSPITAL VICTOR LAZARTE ECHEGARAY                | 1    | 2.5  | 1     | 2.5    |
| 29  | PENAL EL MILAGRO (HOMBRES)                       | 2    | 2.5  | 0.25  | 1.25   |
| 30  | PENAL EL MILAGRO (MUJERES)                       | 2    | 2.5  | 0.25  | 1.25   |
| 31  | FAMECA( Para residuos comunes)                   | 1    | 2.5  | 1     | 2.5    |
| 32  | MODASA (Para residuos comunes)                   | 1    | 2.5  | 0     | 0      |
| 33  | COCA-COLA (Para residuos comunes)                | 1    | 2.5  | 0.5   | 1.25   |
| CAPACIDAD TOTAL DE CONTENEDORES DISPONIBLES |  |      |      |       | 142.08 |

**Cuadro de Fotos**



**Basura calles de Trujillo**



**Mercado La Hermelinda**



**Mercado La Hermelinda**



**Mercado El Mayorista**



Botadero el milagro



Botadero el milagro



Botadero el milagro



Botadero el milagro