



**Escuela de Postgrado**

**Viabilidad técnica para la instalación de  
una estación de clasificación y  
transferencia de RSU en el municipio de  
Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia.**

TESIS PRESENTADA  
PARA EL CUMPLIMIENTO PARCIAL DE LOS REQUISITOS  
PARA EL TÍTULO DE MAGISTER EN GESTIÓN  
AMBIENTAL

Nombre y Apellido del Tesista: Kelly Johanna Basabe Alvarado

*Ingeniera Química.*

Nombre y Apellido del Tutor de tesis: Ingeniero Jorge Brión.

*CEAMSE.*

Director de Carrera: Ing. Julio Torti.

Lugar: Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Enero de 2017.

PRESENTACION DE PROYECTO DE TESIS
-----------------------------------

Sr. Ing. Julio Torti;

Me dirijo a Ud., en mi carácter de alumno de la maestría en Gestión Ambiental, a fin de solicitar el inicio del proceso de la elaboración de mi Tesis de Maestría.

Adjunto a la presente el documento con mi propuesta de Tema de Tesis.

Acompaño el visto bueno a mi proyecto, emitido por la persona que propongo que se desempeñe como tutor de mi trabajo de Maestría.

Los datos clave de mi proyecto de Tesis son:

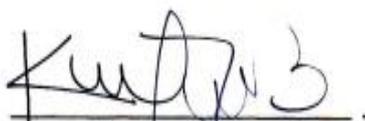
- *Alumno:* Kelly J. Basabe Alvarado
- *Carrera:* Maestría Gestión Ambiental.
- *Nro. de Legajo:* 102439
- *Denominación del tema de Tesis Propuesto:* "Estudio de la viabilidad técnica para la instalación de una Estación de Transferencia en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia".
- *Nombre del tutor de Tesis:* Ing. Jorge Rodolfo Brion.
- *Firma Tutor:*



Ing. Jorge Rodolfo Brion

DNI 13.102.672

Saludo a Ud. muy atentamente;



P.S.: 57 070 627  
Kelly Basabe Alvarado.

DNI 94 954 260

## **DEDICATORIA**

### **A Dios.**

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado la voluntad para lograr mis objetivos.

### **A mi madre, Elsa.**

Por qué todo lo que tengo, soy y quiero ser es seguir tu ejemplo de trabajo y constancia. Todos mis pasos son para orgullecer todo lo que haces por mí.

### **A mi esposo, Juan.**

Por su apoyo incondicional, su compañía y fortaleza han sido la clave para lograr culminar mis estudios y el desarrollo de nuestro proyecto de vida.

### **A mi asesor de tesis.**

Ing. Jorge Brión su apoyo, motivación han logrado impulsar mi trabajo para que estando en la distancia logre desarrollar esta tesis, que fortalece mi formación profesional.

### **A la Argentina.**

Tener la oportunidad de vivir en ese país durante el desarrollo de esta maestría fue la experiencia más enriquecedora que he tenido, la ciudad, la universidad, mis compañeros, y maestros me mostraron el camino para querer transformar mi país.

## Tabla de Contenido

<b>Índice de Figuras .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de Tablas .....</b>	<b>10</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>14</b>
<b>CAPÍTULO I .....</b>	<b>16</b>
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>16</b>
<b>1.1 HIPÓTESIS.....</b>	<b>16</b>
<b>1.2 OBJETIVOS.....</b>	<b>18</b>
1.2.1 OBJETIVO GENERAL.....	18
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	18
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>19</b>
<b>ESTADO DE LA TECNOLOGÍA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.1 GENERALIDADES .....</b>	<b>20</b>
2.1.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.....	21
<b>2.2 GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS .....</b>	<b>23</b>
<b>2.3 ESTACIONES DE TRANSFERENCIA .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DE UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA.....</b>	<b>30</b>
2.3.2 JUSTIFICACION NORMATIVA DE UNA ESTACION DE TRANSFERENCIA.....	31

2.3.3 PLANIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA .....	36
2.3.4 ESTACIONES DE TRANSFERENCIA EN AMÉRICA LATINA.....	37
<b>2.4 MARCO DE REFERENCIA LEGAL.....</b>	<b>43</b>
CAPITULO III .....	55
MÉTODOS Y MATERIALES.....	55
CAPÍTULO IV .....	58
RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	58
<b>4.1 DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.....</b>	<b>58</b>
4.1.1 MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ. ....	59
<b>4.1.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS .....</b>	<b>67</b>
4.1.3 CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.....	70
<b>4.1.4 GENERACIÓN PER CÁPITA.....</b>	<b>75</b>
4.1.5 DISPOSICION DE RESIDUOS.....	80
<b>4.2 METODOLOGÍA PARA EL EMPLAZAMIENTO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA.....</b>	<b>83</b>
4.2.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA DE UBICACIÓN.....	83
4.2.2 PLANIFICACIÓN DE ET.....	87
<b>4.3 PARÁMETROS TÉCNICOS PARA UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA .....</b>	<b>95</b>
4.3.1 MODELO DE COLAS O LINEAS DE ESPERA.....	95
4.3.2. PARÁMETROS DE DISEÑO.....	102

4.3.2.1 Viabilidades exteriores .....	103
4.3.2.2 Capacidad Vehicular.....	104
4.3.2.3 Señalización.....	104
4.3.2.7 Zona de Descarga.....	111
4.3.2.7 Cerco perimetral y barrera visual.....	113
<b>4.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACION DE TRANSFERENCIA PARA EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ.....</b>	<b>113</b>
4.4.1 ESPECIFICACIONES.....	114
4.4.2 EQUIPO DE TRANSFERENCIA.....	115
<b>4.5. MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL .....</b>	<b>117</b>
4.5.1 ÁREA DE ESTUDIO.....	117
4.5.2 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES .....	119
4.5.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	126
<b>4.6 VIABILIDAD ECONÓMICA.....</b>	<b>154</b>
<b>4.6.1 ALTERNATIVA SIN PROYECTO.....</b>	<b>158</b>
4.6.1.2 INGRESOS.....	161
<b>4.6.2 ALTERNATIVA CON PROYECTO.....</b>	<b>163</b>
<b>4.6.3 UTILIDAD.....</b>	<b>170</b>
<b>4.6.4 INDICADORES FINANCIEROS .....</b>	<b>175</b>
<b>4.6.4.2 Valor Actual Neto.....</b>	<b>177</b>
4.6.5 OTRAS CONSIDERACIONES.....	178

CAPITULO V .....	183
CONCLUSIONES.....	183

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Ciclo de los Residuos Sólidos.....	22
<b>Figura 2.</b> Jerarquía en la gestión de residuos.....	24
<b>Figura 3.</b> ET de carga directa. ....	28
<b>Figura 4.</b> ET de descarga Indirecta.....	29
<b>Figura 5.</b> ET combinada. ....	30
<b>Figura 6.</b> Estructura general de normatividad en residuos sólidos para colombiana. ...	46
<b>Figura 7.</b> Ubicación Municipio Fusagasugá.....	60
<b>Figura 8.</b> Crecimiento Poblacional Fusagasugá. ....	61
<b>Figura 9.</b> % empresas en el municipio de Fusagasugá. ....	66
<b>Figura 10.</b> Fuentes generadoras de residuos sólidos municipales. ....	69
<b>Figura 11.</b> Ilustración peajes Fusagasugá- Mondoñedo, Cundinamarca, Colombia .....	80
<b>Figura 12.</b> Recorrido Fusagasugá- Mondoñedo. ....	82
<b>Figura 13.</b> Áreas destinadas a relleno sanitario, gestión de residuos. ....	84
<b>Figura 14.</b> Caminos vereda San Antonio, Fusagasugá.....	104
<b>Figura 15.</b> Señalización vertical preventiva .....	105
<b>Figura 16.</b> Señalización vertical reglamentaria. ....	106
<b>Figura 17.</b> Bascula de pesado para camiones en ET. ....	110
<b>Figura 18.</b> Operaciones de la ET para el municipio de Fusagasugá.....	114
<b>Figura 19.</b> Esquema ET Fusagasugá. ....	115

**Figura 20.** Ejemplo tracto camión de transferencia..... 116

**Figura 21.** Área de estudio. .... 118

## Índice de Tablas

Tabla 1. Índice de Generación de residuos ordinarios Latino América. ....	42
Tabla 2. Marco normativo colombiano en Residuos Solidos.....	47
Tabla 3. Principales ramas industriales Municipio de Fusagasugá. ....	67
Tabla 4. Resultados encuesta.....	71
Tabla 5. Proyección producción per cápita de residuos en el municipio de Fusagasugá. .....	78
Tabla 6. Características áreas para instalación ET, Fusagasugá. ....	85
Tabla 7. Evaluación de zonas para instalación de ET. ....	87
Tabla 8. Vehículos recolectores empresa EMSERFUSA. E.S.P.....	109
Tabla 9. Impactos ambientales ET. ....	125
Tabla 10. Fichas de manejo ambiental para ET en el municipio de Fusagasugá. ....	128
Tabla 11. Proyección Costo recolección y transporte sin proyecto. <b>¡Error! Marcador no definido.</b>	
Tabla 12. Proyección de ingresos sin la instalación de ET en municipio de Fusagasugá. .....	162
Tabla 13. Proyección de ingresos por el cobro del servicio de recolección y transporte por instalación de ET en municipio de Fusagasugá según Resolución CRA 720/2015. .....	164
Tabla 14. Costos de construcción e implementación de ET.....	167

Tabla 15. Costo TOTAL anual con la implementación ET.....	170
Tabla 16. TIR para la instalación de ET en Fusagasugá .....	176
Tabla 17. TIR en caso de no implementación de proyecto de ET con tasa de interés 9,71%.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Tabla 18. Valor Actual Neto para la implementación del proyecto de instalación ET en municipio de Fusagasugá. ....	177

## RESUMEN

La gestión de residuos sólidos es uno de los problemas ambientales que tiene Colombia, esto debido a que la gestión se ha venido realizando aisladamente, aplicando soluciones sin planificar a largo plazo y considerándolo como un ciclo que integra varios factores.

A medida que aumenta la población en las ciudades y crecen los centros urbanos, aumenta la generación de residuos, y con ellos la necesidad de crear sistemas de gestión de residuos que permitan disminuir la cantidad de residuos enviados a relleno sanitario, maximizar el reciclaje, optimizar los procesos y transporte e incorporar centros en los que se pueda llevar el trasbordo de residuos para su transporte hacia los rellenos sanitarios. Una estación de transferencia de residuos sólidos, se define como el conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el trasbordo de residuos, de los vehículos recolectores a vehículos de carga de mayor capacidad para transportarlos hasta su sitio de aprovechamiento o disposición final. Estas instalaciones pretenden privilegiar los aspectos de rentabilidad y eficiencia del transporte.

El objetivo general de esta tesis es la elaboración de una propuesta que permita mejorar la recolección y transporte de los RSU que son producidos en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia a través de la instalación de una Estación de clasificación y transferencia que permita incorporar procesos de separación y clasificación de residuos potencialmente aprovechables o reciclables que son recolectados en el municipio y transfiriendo los residuos ordinarios a vehículos de mayor capacidad para su traslado al relleno sanitario. La evaluación de las variables ambientales, económicas y sociales permitirá mejorar la gestión integral de los residuos

sólidos no solo en el municipio si no en la región, disminuyendo así los botaderos a cielo abierto, aumentando la capacidad de prestación del servicio a las zonas rurales y articulando las acciones pedagógicas que buscan incorporar la separación en la fuente en los usuarios.

## **ABSTRACT**

The solid waste management and its treatment is one of the environmental problems of the municipality governments in Colombia. The principal cause is the develop of non-articulated management that only apply emerging solutions without planification and a long-term plan including the believe that the waste management is not a cycle that integrates multiple factors.

As population in urban centers grow the waste generation increase and the need to create waste management system to reduce the amount of waste sent to landfill, it is necessary to maximize the amount of recycle, optimize the process and transport of solid waste.

A Transfer Station (TS) is a facility dedicated to manage and transfer solid waste of a collection vehicle to another with greater capacity, which transports them to their place of use or disposal, increasing de capability of the recollection system. These installations have been design to favor the rentability and efficiency of transport.

The overall objective of this thesis is to develop a technical proposal to improve the collection and transport of solid waste produced in the municipality of Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia through the installation of a classification and transport station. This station incorporates the segregation and classification of recycle waste that the municipality produce and the transfer of non-recycle waste to a more capability vehicles. This station improves the waste management system in the municipality and the region, minimizes the dumps and open the possibility to improve the collection

capability in rural zones and articulate the pedagogic actions in the citizens to waste segregation.

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN.**

### **1.1 HIPÓTESIS**

Colombia al igual que muchos países, enfrenta dificultades en la gestión de Residuos Sólidos Urbanos –RSU- situación que se agrava día a día con el incremento en la generación de los residuos.

Entre los años 2002 a 2006, el programa "Colombia sin botaderos a cielo abierto" logró disminuir de 45% a 18% los botaderos a cielo abierto en el país, con el cierre de aproximadamente 279 predios de disposición inadecuada. Sin embargo, El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible indica que el problema aún persiste en aproximadamente el 31% de los municipios del país. (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2013).

En el marco de la Política Pública para la Gestión Integral de los Residuos Sólidos, el Gobierno Colombiano estableció la responsabilidad a los municipios de formular los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos denominados PGIRS, como una medida para erradicar los basureros a cielo abierto, estimular el desarrollo de programas de reciclado y aprovechamiento de residuos que vinculen a los recicladores en el sistema integral de gestión de RSU y se mitiguen los impactos ambientales y a la salud pública ocasionados por el manejo inadecuado de residuos sólidos.

El sistema de gestión de residuos del municipio de Fusagasugá está compuesto por la recolección, transporte y disposición final de los residuos la cual se realiza en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo a 62 km de distancia. El municipio de Fusagasugá debido a su cercanía a la capital de país se proyecta como una ciudad en crecimiento (3% anual) la cual requiere no solo aumentar su cobertura actual en la prestación de servicios (10% de su población rural y 98% de su población urbana) si no poder brindar apoyo en el mejoramiento de la calidad de vida a los municipios cercanos que son más pequeños.

Actualmente, el municipio se encuentra en proceso de actualización de su PGIRS. En el proyecto de actualización se plantean como objetivos: disminuir la cantidad de residuos entregados y llevados al relleno sanitario “Nuevo Mondoñedo”, aumentar las prácticas de reutilización, reciclaje y utilización de residuos orgánicos en procesos agroambientales, aumentar la calidad y cobertura de recolección selectiva a un 100%, construcción de una estación de transferencia regional. Estos objetivos, están encaminados a la creación de una cultura ciudadana en temas como la separación en la fuente y la responsabilidad en el manejo de residuos elementos necesarios para avanzar en la implementación de una política de desarrollo sostenible.

En este sentido, el establecimiento de una ET es un proyecto prioritario en el municipio de forma que el municipio avance hacia la recolección selectiva de residuos y el transporte adecuado de los mismos con el fin de minimizar entre otros aspectos; enfermedades, contaminación de fuentes hídricas, suelo y aire, impactos visuales negativos riesgos que afecten directamente el bienestar de la población, y soporten el crecimiento de la población y su aumento en la producción de residuos.

## **1.2 OBJETIVOS**

### **1.2.1 OBJETIVO GENERAL**

Determinar la viabilidad técnica y ambiental para la instalación de una estación de transferencia para el manejo de residuos sólidos urbanos en el municipio de Fusagasugá, Cundinamarca, Colombia.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar el área geográfica para la instalación de la estación de transferencia.
- Establecer parámetros técnicos y ambientales para la localización, diseño, construcción y operación de ET.
- Determinar los impactos ambientales asociados a la ET.
- Determinar el plan de manejo ambiental asociado a los aspectos ambientales relacionados con la construcción, operación y cierre de ET.
- Determinar viabilidad técnico económica del proyecto.

## CAPITULO II

### ESTADO DE LA TECNOLOGÍA

La gestión integral de los RSU se ha convertido en punto estratégico de gestión y desafío para el desarrollo de los países latinoamericanos en el marco del desarrollo sostenible. Básicamente, la gestión de RSU se basa en los procesos de segregación, transporte, almacenamiento temporario, tratamiento y/o reciclado y disposición final.

Si bien en las ciudades capitales se han logrado avances en la implementación de rellenos sanitarios, en los municipios de media y baja densidad poblacional persisten inconvenientes para la disposición de residuos. Es en estas zonas, para mejorar las rutas de recolección y la eficiencia del servicio de recolección surge **la necesidad de realizar un trasvase de residuos en lo que se conoce como ET.**

Las ET son instalaciones en las cuales se llevan a cabo los procesos de transbordo de residuos sólidos desde los vehículos recolectores a vehículos con mayor capacidad de carga para su transporte hasta los sitios de tratamiento y/o disposición final. El concepto ingenieril básico de cualquier ET, privilegia los aspectos de rentabilidad y eficiencia en el transporte, incrementando la eficiencia global del servicio a través de la disminución del costo general de manejo, la reducción en los tiempos de transporte, la posibilidad de aprovechamiento de los residuos segregados y la utilización intensiva de equipos y recurso humano. Es por esto, que, la determinación del emplazamiento de una ET no es, simplemente, una cuestión de espacio. Si bien el espacio es un condicionante importante, se centra en el desarrollo de criterios técnicos de protección ambiental,

consideraciones económicas y sociales de asignación de recursos tanto físicos como humanos. (Tchobanoglous, 1994)

Dentro de la legislación colombiana, el artículo 1° del Decreto 1713 de 2002 modificado por el Decreto 838 de 2005, establece las normas orientadas a reglamentar el servicio público de aseo, definiendo como uno de los componentes y actividades del servicio público domiciliario la transferencia de residuos sólidos a través de las instalaciones denominadas ET.

## **2.1 GENERALIDADES**

El manejo inadecuado y la mala disposición de los residuos sólidos es un problema común en los países en vía de desarrollo. (Tchobanoglous, 1994) Este inadecuado manejo produce múltiples impactos negativos a la salud de las personas y al ambiente.

Entre los impactos que pueden causarse a la salud están: dengue, infecciones dérmicas, enfermedades gastrointestinales, etc. Entre los impactos que pueden ser causados al ambiente están los atmosféricos con la generación de gases metano y dióxido de carbono ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ), bióticos con la afectación de la fauna, la flora y el suelo con la generación de lixiviados que afectan las propiedades físicas del mismo, entre otros.

Estos efectos adversos han hecho que, la generación y disposición de residuos deba enfocarse en la minimización de la generación, el consumo responsable y el aumento del aprovechamiento de los residuos ya sea a través del ingreso a cadenas de reciclaje o la generación de nuevas alternativas para su disposición final, de forma que se garantice la sostenibilidad económica, ambiental y social.

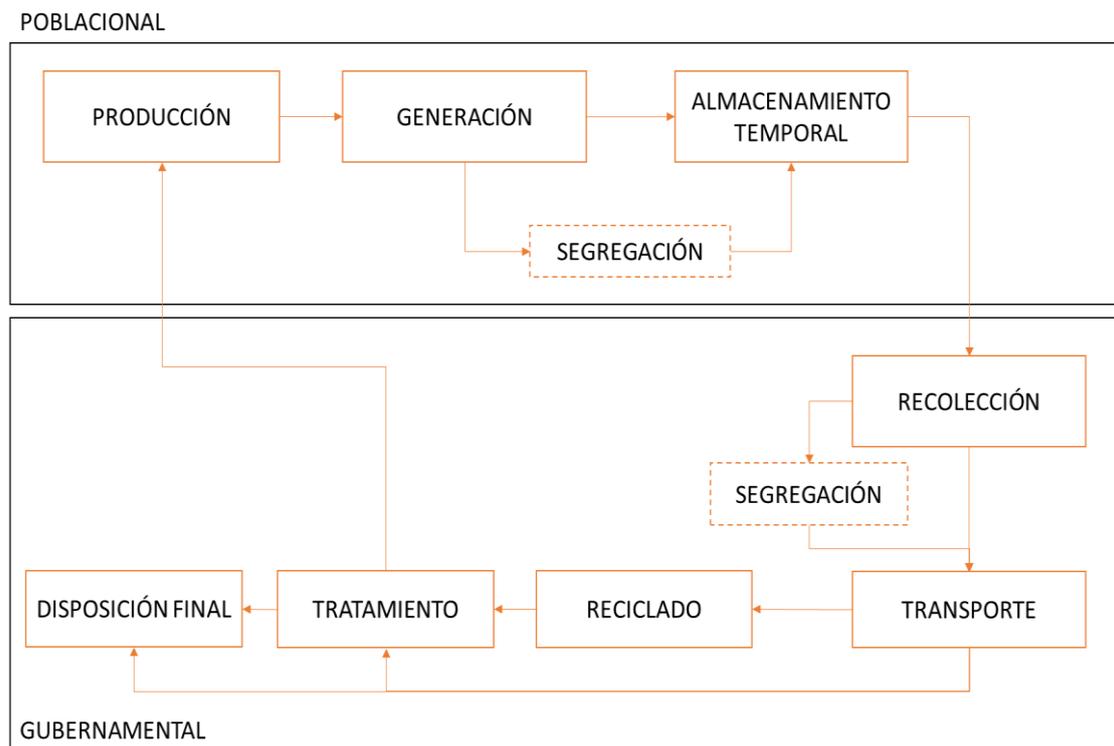
### 2.1.1 RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS.

Los RSU son aquellos que se generan en las actividades desarrolladas en los centros urbanos (domicilios, comercios, oficinas) o rurales. Se consideran RSU aquellos que no presentan riesgo biológico o químico para la sociedad.

Los RSU conforman su “ciclo de vida” mediante las siguientes etapas ( **Figura 1**):

- a) **Producción:** acción industrial de transformación de bienes.
- b) **Generación:** Se refiere a la acción de producir (posteriormente al consumo de bienes y servicios) una cierta cantidad de materiales orgánicos e inorgánicos (sin valor económico para el que los produce), en un cierto intervalo de tiempo.
- c) **Segregación:** proceso de separación que sufren los residuos sólidos en la misma fuente generadora, antes de ser almacenados.
- d) **Almacenamiento:** acción de retener temporalmente los residuos sólidos, en tanto se recolectan para su posterior transporte a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.
- e) **Recolección/Transporte:** acción de transportar los residuos sólidos de sus sitios de almacenamiento a los sitios de transferencia, tratamiento o disposición final.

- f) **Reciclado:** proceso de transformación de residuos ya sea para darles un valor agregado, o bien acondicionamiento para un aprovechamiento posterior.
- g) **Tratamiento:** conjunto de operaciones cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o características no deseables de los residuos.
- h) **Disposición final:** Es el confinamiento permanente de los residuos sólidos en sitios y condiciones adecuadas, para evitar daños a los ecosistemas y propiciar su adecuada estabilización.



**Figura 1.** Ciclo de los Residuos Sólidos.

Dentro de este ciclo, uno de los pilares para la gestión adecuada es el transporte. Cualquiera que sea el tratamiento o la disposición final de los residuos es de manera indispensable que estos sean transportados hasta los centros de tratamiento y disposición final.

## **2.2 GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS**

La gestión integral de residuos sólidos-GIRS- ó -Integrated Solid Waste Management ( ISWM) por sus siglas en inglés, es un sistema económicamente viable de almacenamiento, recolección, transporte, procesamiento y disposición de residuos de forma que se asegure la minimización de los impactos tanto a la salud como la protección del ambiente.

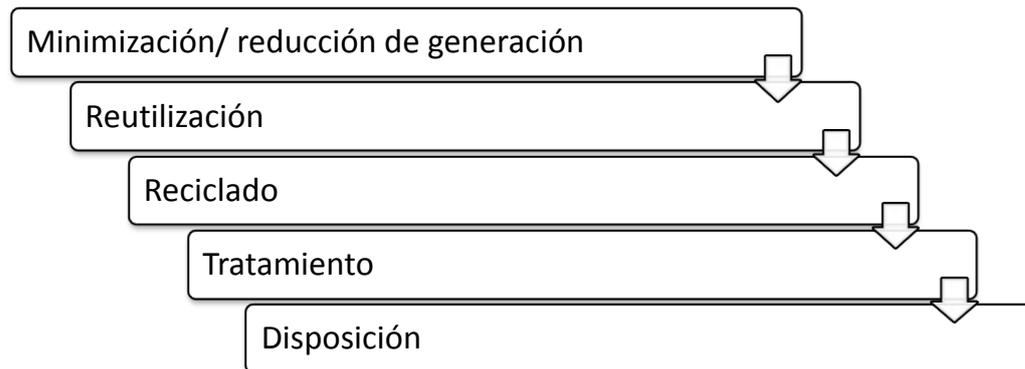
Una correcta GIRS debe tener como objetivos (Solid waste Association North America, 2008):

- Reducción de la cantidad de solidos generados
- Mejora de los índices de reuso y reparación Vs tirar y reemplazar
- Provisión de lugares de almacenamiento a corto plazo, recolección y transferencia que maximicen la eficiencia.
- Recuperación de material orgánico
- Recuperación de materiales reciclables para producir productos nuevos.
- Segregación de materiales peligrosos
- Promover la utilización de energía de recuperación de residuos cuando sea posible técnica y económicamente

- Disposición de residuos en rellenos sanitarios adecuadamente diseñados y operados.

Los procesos de gestión de residuos deben ser diseñados según la

**Figura 2.**



**Figura 2.** Jerarquía en la gestión de residuos

La jerarquía de residuos es un concepto que indica el tipo y prioridad de tratamiento que debe recibir un residuo. Su finalidad es priorizar los procesos sobre los cuales se debe centrar la gestión de residuos con el fin de proteger el Ambiente. En el diseño de los procesos de gestión de residuos se deben favorecer los diferentes tratamientos de acuerdo a esta jerarquía.

- **Prevención**

Son el conjunto de medidas adoptadas en la fase de concepción y diseño, de producción, de distribución que busca evitar la generación de residuos.

- **Reutilización**

La reutilización consiste en la utilización reiterada de un objeto o sustancia para el mismo uso inicial, con lo que se evita o hace innecesario el consumo de nuevas

materias primas al tiempo que se reduce la generación de residuos. En algunos casos la reutilización permite evitar que los objetos se conviertan en residuos objetos como, por ejemplo, los envases reutilizables

- **Reciclado**

Son los procesos de valorización mediante los cuales los materiales de los que están constituidos los residuos son transformados de nuevo en productos, materiales o sustancias. Sin importar si es con su finalidad original u otra distinta. Incluye la transformación del material orgánico, pero no la valorización energética ni la transformación en materiales que se vayan a utilizar como combustibles o para operaciones de relleno.

- **Tratamiento**

El tratamiento de los residuos es el proceso de aprovechamiento de los contenidos materiales o energéticos de los residuos para un fin útil. Sólo se debe valorizar energéticamente aquellos residuos que no se hayan podido evitar y que no sean ni reutilizables ni reciclables. En este caso lo que se aprovecha no son los materiales que componen los residuos sino la energía contenida en ellos. Se deben tratar los residuos generados antes de enviarlos a su disposición final, debido a que pueden contener restos orgánicos, químicos, bio- infecciosos u otro agente que perjudique al ambiente o la salud humana

- **Disposición**

La disposición se refiere al proceso de enterramiento o de implementación técnica de métodos de confinamiento de los residuos.

### 2.3 ESTACIONES DE TRANSFERENCIA

Una ET de residuos sólidos se define como el conjunto de equipos e instalaciones donde se lleva a cabo el trasbordo de residuos desde los vehículos recolectores a vehículos de carga de gran capacidad, para transportarlos hasta los sitios de disposición o tratamiento final (Paez, 2008).

Las primeras estaciones de transferencia diseñadas técnicamente y construidas ingenierilmente, fueron de tipo marítimo y aparecieron en las ciudades de Nueva York y Lisboa. Estas estaciones fueron de tipo marítimo ya que eran usadas para el traslado de residuos peligrosos a sectores de tratamiento, usualmente en otros estados. Sin embargo, es a partir de 1950 que el empleo de estas instalaciones se torna cada vez más frecuente en las grandes capitales, debido principalmente al crecimiento poblacional. En la región de América Latina una década después aparecerán las estaciones ferroviarias de Sao Paulo para transporte de residuos. (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 1996). Actualmente, estas instalaciones son necesarias en las grandes y medianas ciudades debido a la diversificación de los procesos de tratamiento y al alejamiento de los sitios de disposición de residuos de la población.

Con estas estaciones básicamente se busca incrementar la eficiencia de los servicios de recolección y manejo de residuos así como disminuir los tiempos de transporte, aumentar la cobertura y optimizar los recursos humanos disponibles. Los vehículos a los cuales se transfieren los residuos, son vehículos de mayor capacidad como camiones, vagones de ferrocarril o barcos.

Las principales ventajas que presenta una ET son: (Robinson, 1986)

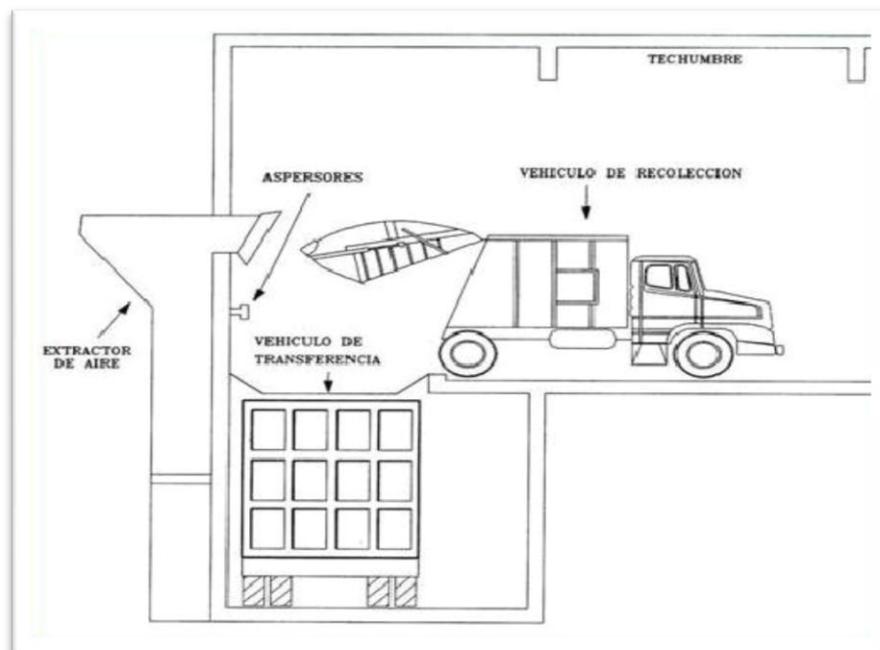
- Disminución de los costos globales de transporte y de horas improductivas de mano de obra empleada en la recolección.
- Reducción del tiempo improductivo de los vehículos de recolección en su recorrido al sitio de disposición final.
- Aumento de la vida útil y disminución en los costos de mantenimiento de los vehículos recolectores.
- Incremento en la eficiencia del servicio de recolección, por medio de una cobertura más homogénea y balanceada en las rutas de recolección.
- Mayor regularidad en el servicio de recolección, debido a la disminución de desperfectos de ejes, muelles, suspensiones y llantas que sufrían al transitar hasta el sitio de disposición final.
- Reducción en la contaminación ambiental.
- Se reducen las afectaciones a la salud pública.
- Posibilidad de generar procesos de selección de residuos y reciclaje.
- Disminución de tráfico en rutas nacionales hacia centros de disposición.

Una de las ventajas de las ET y que se usa comúnmente es la posibilidad de usarlas como centros multipropósito, esto significa que, incluyen el almacenamiento y segregación de materiales reciclables, y en algunos casos almacenamiento de residuos peligrosos y puntos de recolección de material orgánico para compostaje, por periodos cortos de tiempo es decir, menores a un año. Si bien, el tiempo de almacenamiento está relacionado con la velocidad en la que los residuos son consolidados y relocalizados

para su transporte, debe considerarse la legislación en materia de almacenamiento de residuos que rija en el país de instalación.

En la actualidad, existen diferentes tipos de ET, las cuales se clasifican de acuerdo a la forma en la que los vehículos son cargados y se definen en tres clases; (Tchobanoglous, 1994).

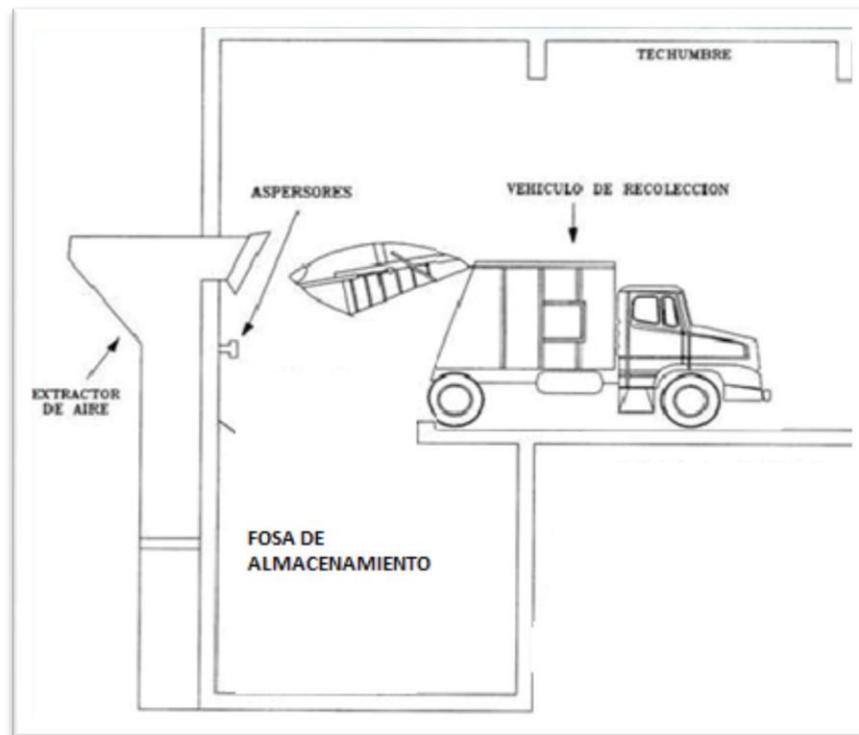
- **Estaciones de descarga directa:** los residuos se vacían directamente en el vehículo utilizado para transportarlos al lugar de evacuación final, o en instalaciones para compactar residuos. (
- **Figura 3)**



**Figura 3.** ET de carga directa.

Fuente: Gestión Integral De Residuos Sólidos - George Tchobanoglous, 1994.

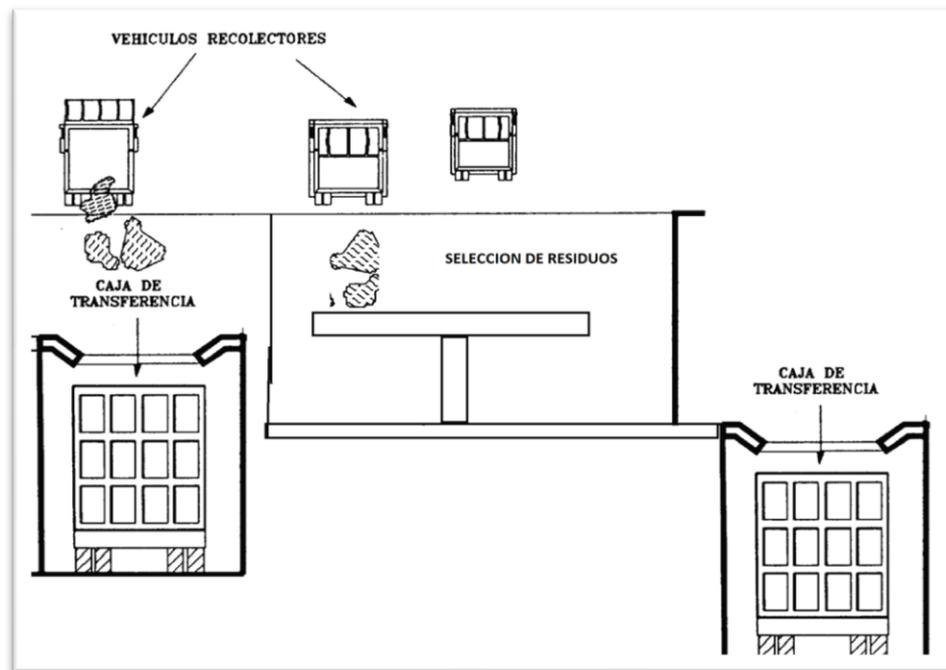
- **Estaciones de descarga indirecta:** la descarga de los residuos de los vehículos de recolección se realiza en un depósito o tolva de almacenamiento donde posteriormente son cargados a los vehículos de mayor capacidad (Figura 4).



**Figura 4.** ET de descarga Indirecta.

Fuente: Gestión Integral De Residuos Sólidos - George Tchobanoglous, 1994

- **Estaciones combinadas (carga directa y carga indirecta):** existen las dos zonas de descarga tanto directa como indirecta. Tienen la posibilidad de realizar una operación de recuperación de materiales. (Figura 5).



**Figura 5.** ET combinada.

Fuente: Gestión Integral De Residuos Sólidos - George Tchobanoglous, 1994

### 2.3.1 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA DE UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA.

Para determinar la viabilidad técnico-económica de una ET es necesario determinar:  
(Julia Carabias Lillo, 1996)

- Costo de operación del equipo de recolección que incluya los cargos fijos de consumo y de personal.
- Costo de operación del equipo de transporte y/o transferencia, que considere los cargos fijos, de consumo y de personal.
- Costos fijos de la estación de transferencia, que incluyen exclusivamente al personal que la opera.
- Costo de inversión de la estación de transferencia

- Costos variables de la estación de transferencia.
- Costo de operación de la estación de transferencia.

Con estos valores se debe construir la gráfica costo vs Operación con vehículo de la cual el punto de equilibrio de la gráfica, establecerá el tiempo de transporte a partir del cual debe considerarse la posibilidad de contar con una estación de transferencia.

### **2.3.2 JUSTIFICACION NORMATIVA DE UNA ESTACION DE TRANSFERENCIA.**

La legislación colombiana en el marco de la Gestión Integral de Residuos Sólidos, establece como principios para la prestación del servicio público de aseo:

- Prestar servicio eficiente a toda la población con continuidad, calidad y cobertura.
- Obtener economías de escala comprobables.
- Garantizar la participación de los usuarios en la gestión y fiscalización de la prestación del servicio.
- Desarrollar una cultura de la no basura.
- Fomentar el aprovechamiento
- Minimizar y mitigar el impacto en la salud y en el ambiente que se pueda causar por la generación de los residuos sólidos.

El Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos. En su capítulo VI, los artículos del 61 al 66 describen los requisitos normativos para el diseño, instalación y utilización de estaciones de transferencia en el país.

A continuación se presentan dichos requisitos: (Presidencia de la Republica de Colombia, 2002)

**“Artículo 61.** *Utilización de estaciones de transferencia.* Los Municipios o Distritos al elaborar el Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos, podrán definir la necesidad de utilizar estaciones de transferencia, en función de la racionalización de recursos económicos, energéticos, la disminución de los impactos ambientales y el logro de una mayor productividad de la mano de obra y del equipo utilizado.

Está prohibido el trasbordo de residuos sólidos en sitios diferentes a las estaciones de transferencia”.

**“Artículo 62.** *Instalación de estaciones de transferencia.* Cuando el Municipio o Distrito de acuerdo con lo definido en el artículo anterior, considere necesario establecer las estaciones de transferencias se debe realizar un estudio de factibilidad, el cual debe incluir la evaluación económica, técnica, financiera, institucional y ambiental. La evaluación ambiental se hará de tal manera que se identifiquen los posibles impactos generados sobre el aire, el agua, los suelos y la comunidad y se establezcan las acciones para mitigarlos, compensarlos y corregirlos”.

**“Artículo 63.** *Diseño y construcción de estaciones de transferencia.* Para el diseño y construcción de las estaciones de transferencia deben considerarse como mínimo los siguientes parámetros:

1. Cantidad y tipo de residuos a manejar.
2. Características de los residuos: entre las cuales se debe tener en cuenta: Densidad, Humedad y Composición de los residuos sólidos.
3. Cantidad de residuos a recuperar (para estaciones de transferencia con recuperación de materiales).
4. Flujo de residuos hacia la estación.
5. Cantidad y tipo de vehículos recolectores a utilizar.
6. Horarios de inicio y terminación de la jornada diaria de trabajo.
7. Sitio y tipo de disposición final a utilizar.
8. Capacidad de la estación de transferencia.
9. Vehículos de transferencia.
10. Capacidad de los vehículos de transferencia.
11. Tiempo de carga de los vehículos de transferencia.
12. Horario de llegada de los recolectores.
13. Sistemas para el control de la contaminación de olores, aguas residuales, residuos y ruido”.

**“Artículo 64. Condiciones de localización y funcionamiento.** La localización y el funcionamiento de estaciones de transferencia de residuos sólidos deberán sujetarse, como mínimo, a las siguientes condiciones:

1 Localización, de conformidad con los usos del suelo previsto por las autoridades municipales y contenidos en el Plan de Ordenamiento Territorial, POT, Plan Básico o Esquema de Ordenamiento Territorial, EOT.

2. No estar localizadas en áreas de influencia de establecimientos docentes, hospitalarios, militares y otros con cuyas actividades sea incompatible.

3. Disponer de vías de fácil acceso para los vehículos.

4. No obstaculizar el tránsito vehicular o peatonal, ni causar problemas de estética.

5. Contar con un sistema definido de cargue y descargue.

6. Disponer de un sistema alternativo para operación en casos de fallas o emergencias.

7. Tener un sistema de pesaje acorde con las necesidades de la estación.

8. Contar con un sistema de suministro de agua en cantidad suficiente para realizar actividades de lavado y limpieza.

9. Minimizar los impactos ambientales negativos en la zona de influencia de esta.

10. Cumplir con las disposiciones de la Ley 99 de 1993 y sus decretos reglamentarios en materia de control de contaminación ambiental y demás normatividad ambiental vigente.

11. No generar riesgos para la salud humana.

12. Disponer de los servicios públicos de acueducto, alcantarillado, energía eléctrica y telefonía pública básica conmutada, TPBC.

13. Tramitar y obtener los permisos correspondientes.

14. Las demás que indiquen las normas vigentes”.

**“Artículo 65.** *Minimización de Impactos Ambientales en las Estaciones de Transferencia.* A fin de minimizar los impactos ambientales generados por el diseño, construcción y operación de las estaciones de transferencia, entre otras, se debe cumplir con las siguientes obligaciones:

1. El diseño arquitectónico de la estación de transferencia debe ser completamente cerrado.
2. Los materiales de construcción deben ser de fácil mantenimiento y limpieza.
3. Contar con extractores de aire y sus correspondientes equipos de tratamiento.
4. Disponer de equipos para el control de incendios.
5. Realizar un control diario de la operación.
6. Disponer en la estación de sistemas para el lavado, limpieza y fumigación.
7. Disponer de sistemas de pre tratamiento y/o tratamiento completo de las aguas residuales dando cumplimiento a la normatividad ambiental vigente.

**Parágrafo 1°.** Para la operación de las estaciones de transferencia se debe contar con los respectivos manuales de operación, seguridad industrial y salud ocupacional.

**Parágrafo 2°.** Se deberá disponer de un Plan de Contingencia que permita el normal funcionamiento de las operaciones de transferencia, en caso de falla o emergencia en el sistema”.

**“Artículo 66.** *Vehículos de transferencia.* Las personas prestadoras del servicio de aseo deben determinar el número mínimo de vehículos con la capacidad de carga y

compactación necesarias para la transferencia que puedan transportar en horario de trabajo normal todos los residuos recolectados sin permitir que se acumulen y se generen focos de contaminación y perturbación del bienestar ciudadano”.

Las estaciones de transferencia son entonces un instrumento estratégico para la calidad y continuidad del servicio, y de conformidad con la ley, su implementación e inclusión en los PGIRS de los municipios y distritos debe asegurar que se preste el servicio público de aseo a todos sus habitantes de manera eficiente.

### **2.3.3 PLANIFICACIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSFERENCIA**

El mejoramiento en la prestación de los servicios públicos es una de las prioridades para el desarrollo de las ciudades. Para ello, se requiere mejorar la infraestructura y la capacidad de prestar el servicio en el corto, mediano y largo plazo.

En este sentido, las estaciones de transferencia deben ser diseñadas y construidas tomando en cuenta las proyecciones de crecimiento de la población, las necesidades sociales y los criterios ambientales para el control de impactos ambientales que se pueden generar por la construcción y operación de las ET.

Otros aspectos que deben ser considerados en la planificación de una ET son:

- Tipo de servicio a prestar (Reciclado u otras facilidades)
- Evaluación de tráfico
- Servicios requeridos (agua, luz, teléfono, etc.)

- Evaluación de residuos( tipo y cantidad)
- Mercados de disposición de residuos y reciclado
- Selección del sistema
- Plan de financiación.

### **2.3.4 ESTACIONES DE TRANSFERENCIA EN AMÉRICA LATINA.**

A continuación se especifica la situación de las ET en las principales ciudades de América Latina.

#### **ARGENTINA.**

En el sistema de Disposición Final del Área Metropolitana de la ciudad de Buenos Aires a cargo de Coordinación Ecológica del Área Metropolitana Sociedad del Estado – CEAMSE- se reciben aproximadamente 57.500.000 ton/ año (15.500 Ton/día) provenientes de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires y 34 Municipios del entorno de la misma. (Fontán, 2009)

El área metropolitana de Buenos Aires cuenta actualmente con cinco ET; Colegiales, Flores, Pompeya, Almirante Brown y Zabaleta. Tres de ellas (Colegiales, Flores y Pompeya) están activas desde abril 1979, la estación Zavaleta funciona desde abril de 2011 para residuos de poda y escombros exclusivamente (Subsecretaria de Educacion, Coordinacion ejecutiva para el Desarrollo Sustentable, 2010). Estas estaciones reciben más del 50% de los residuos generados y desde allí se derivan a los complejos ambientales de la ciudad.

Para el tratamiento de estos residuos, Las ET utilizan el sistema de compactación electrohidráulica. A través de una tolva, los vehículos recolectores vuelcan los residuos dentro de un tráiler del vehículo de transferencia, donde son empujados y comprimidos hacia la parte anterior por un pistón que, al retroceder vuelve a dejar espacio para recibir la carga de un siguiente camión recolector. Esta compactación reduce significativamente el volumen de los residuos y permite su transporte en vehículos de mayor capacidad.

## **BRASIL**

El promedio de generación de residuos sólidos urbanos en el Brasil, de acuerdo con proyecciones del *Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento* –SNIS- 2010, varía de 1 a 1,15 kg por habitante / día cerca del nivel de los países miembros de la Unión Europea, cuya media es de 1,2 kg per cápita / día. (Jacobi & Besen, 2011)

Sao Paulo es la mayor ciudad del Brasil, con una población aproximada en su área metropolitana de 21 millones de habitantes. La ciudad genera aproximadamente 13´380.000ton/anuales (36.650ton/día) de residuos que son enviados a 5 estaciones de transferencia: Vergueiro, Santa Amara, Ponte Pequena, Vila Leopoldina e Itatinga.

Rio de Janeiro es la segunda ciudad más poblada Brasil y la tercera área metropolitana más grande de Sur América con alrededor de 6.5 millones de habitantes. Rio de Janeiro genera aproximadamente 3.5 millones de ton/anuales de residuos (9.590 ton/día), de las cuales el 27 % corresponden a residuos orgánicos.

La recolección y disposición de residuos son coordinadas por la empresa municipal de limpieza *Comphania Municipal de Limpeza Urbana, Brasil – COMLURB-*. La ciudad cuenta con 4 ET y planifica incorporar 3 más en su sistema. En estas estaciones se direccionan los residuos hacia el relleno sanitario denominado “state of the art sanitary landfill” ubicado a 70km de las afueras de la ciudad. (CACCC Climate and Air Clean Coalition, 2015)

## **CHILE.**

Según el Reporte sobre Manejo de Residuos Sólidos en Chile, (Conama, 2010) En Santiago de Chile sus 5,3 millones de habitantes aproximadamente genera 7.798 ton/día de residuos que son dispuestos en tres rellenos sanitarios: Loma los Colorados (Til Til), Santiago Poniente (Maipú) y Santa Marta (San Bernardo), los cuales cubren las necesidades de la mayor parte de las comunas.

El área cuenta actualmente con cuatro estaciones de transferencia; Estación ferroviaria Quilicura que inicio operación en 1995 recibe 4500ton/día de residuos, la Estación de Transferencia Puerta Sur (ETPS), la Estación de Transferencia KDM y la estación de transferencia “Cerro los Cóndores” administrada por Gestión Ecológica de Residuos S.A (GERSA). (Ministerio Medio Ambiente Gobierno de Chile, 2011).

## **MÉXICO.**

La ciudad de México D.F cuenta con aproximadamente 20,4 millones de habitantes. La ciudad genera alrededor de 12.800 ton/día, que son recolectados por un parque vehicular

compuesto por 2.300 camiones recolectores y más de 17.000 trabajadores de las 16 Delegaciones del Distrito Federal. (Secretaría del Medio Ambiente Ciudad de México, 2013)

En la actualidad, existen 13 estaciones de transferencia ubicadas en las delegaciones: Álvaro Obregón, Azcapotzalco, Benito Juárez, Iztapalapa (Central de Abastos I y II), Coyoacán, Cuauhtémoc, Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Milpa Alta, Tlalpan, Venustiano Carranza y Xochimilco (Sobse, Ciudad de México, 2014) y 6 estaciones de compostado.

La Ciudad de México no cuenta con un sitio de disposición final por lo que deposita sus residuos sólidos en 5 rellenos ubicados en el estado de México y Morelos. En el estado de México están los rellenos de la cañada, Cuautitlán, El milagro, Tepoztlán y en Morelos Cuautla.

## **ECUADOR.**

La empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de los Residuos Sólidos - EMGIRS-EP-, es la empresa municipal encargada de la operación de las dos estaciones de transferencia y del relleno sanitario Q del Distrito Metropolitano de Quito que actualmente se generan alrededor de 1.900 ton/día por aproximadamente 2,2 millones de habitantes. (Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos, 2014).

**PERÚ.**

La ciudad Metropolitana de Lima, cuenta con una población de 8,5 millones de habitantes aproximadamente en sus 42 municipalidades distritales. En la ciudad se producen 2.734 ton/día de residuos sólidos aproximadamente.

La ciudad cuenta con una estación de transferencia llamada Huayna Cápacque, la cual tiene capacidad para atender la demanda de los distritos de la zona centro y sur de Lima recibiendo 33.000 toneladas residuos/mes (1.100 ton/día aprox.) a cargo de la empresa Relima Ambiental S.A. (Relima Ambiental S.A, 2014).

**COLOMBIA.**

Hasta el momento sólo se encuentran en operación dos estaciones de transferencia en el país, ubicadas en Palmaseca (Valle del Cauca) y el Valle de Aburra (Antioquia).. (Katherine Varón Valencia, 2012)

Según el observatorio ambiental de la ciudad de Bogotá, se producen actualmente 6.800 ton/día de residuos generados por una población de 8,9 millones de habitantes aproximadamente. La ciudad cuenta con dos rellenos sanitarios; Doña Juana y Nuevo Mondoñedo. Los residuos son dispuestos directamente en los centros de disposición final ya que no existen ET en la ciudad.

Según el informe de agosto 2013 del Proyecto del Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos –PMIRS- en Bogotá, D.C, se plantea la apertura de dos estaciones

de transferencia en la ciudad para el año 2021 con capacidad para 4500ton/día para estación occidente y 2000ton/día para estación norte (Kokusai Kogyo Co. Ltd, , 2013).

En la Tabla 1 1, se presenta la información consolidada de generación de residuos en Latino América, de igual forma se presenta la generación per cápita de residuos en cada una de las ciudades evidenciando que la ciudad con menor índice corresponde a la ciudad de Lima (0.32 Kg residuos / Hab día), seguida por la ciudad de México (0.62 Kg residuos / Hab día). La ciudad con mayor índice es la ciudad de Sao Pablo (1.74 Kg residuos / Hab día). Con relación a la generación de residuos en Europa, según el informe presentado por European Statistics -EUROSTAT- el 26 marzo de 2015, en la UE la cantidad de residuos municipales generados por persona en 2013 fue de 481 Kg, de estos 481 Kg fueron tratados a través de diferentes métodos (31% dispuestos en relleno sanitario, 28% reciclados, 26% incinerados, 15% compostado) (Eurostat Press Office , 2015).

**Tabla 1.** Índice de Generación de residuos ordinarios Latino América.

<b>CIUDAD</b>	<b>Población [N. Hab]</b>	<b>Generación de residuos [Ton/día]</b>	<b>Generación per cápita [Kg/ persona día]</b>
Bogotá	8,9 millones	6.800 ton/día	0.76
Buenos Aires	14 millones	15.500 ton/día	1.10
Lima	8,5 millones	2.734 ton/día	0.32
México	20,4 millones	12.800 ton/día	0.62
Santiago de Chile	5,3 millones	7.798 ton/día	1.47

Sao Pablo	21 millones	36.650ton/día	1.74
Rio de Janeiro	6,5 millones	9.590 ton/día	1.47
Quito	2,2 millones	1.900 ton/día	0.86

## **2.4 MARCO DE REFERENCIA LEGAL.**

La Constitución Política Colombiana de 1991, en su artículo 1ro, define al estado Colombiano como un estado social de derecho. En este marco, reconoce la protección del medio ambiente como principio fundamental y derecho colectivo. (Colombia, 1991).

La Constitución Política establece y sintetiza los elementos claves que orientan el manejo ambiental del país: la protección del ambiente; el compromiso con la sostenibilidad y la eficiencia económica, el control fiscal, la participación ciudadana y el respeto por la cultura.

La Ley 99 de 1993, conocida como la ley del Medio Ambiente, creada por el Ministerio del Medio Ambiente (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible -MADS-) define y establece los fundamentos y principios generales de la política ambiental colombiana entre los que se destacan: (Ministerio de Medio Ambiente, 1993)

1. El proceso de desarrollo económico y social del país se orientará según los principios universales y del desarrollo sostenible contenidos en la Declaración de Río de Janeiro de junio de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo.

2. La biodiversidad del país, por ser patrimonio nacional y de interés de la humanidad, deberá ser protegida prioritariamente y aprovechada en forma sostenible.

3. Las políticas de población tendrán en cuenta el derecho de los seres humanos a una vida saludable y productiva en armonía con la naturaleza.

4. Las zonas de páramos, subpáramos, los nacimientos de agua y las zonas de recarga de acuíferos serán objeto de protección especial.

5. En la utilización de los recursos hídricos, el consumo humano tendrá prioridad sobre cualquier otro uso.

6. La formulación de las políticas ambientales tendrá en cuenta el resultado del proceso de investigación científica. No obstante, las autoridades ambientales y los particulares darán aplicación al principio de precaución conforme al cual, cuando exista peligro de daño grave e irreversible, la falta de certeza científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces para impedir la degradación del medio ambiente.

7. El Estado fomentará la incorporación de los costos ambientales y el uso de instrumentos económicos para la prevención, corrección y restauración del deterioro ambiental y para la conservación de los recursos naturales renovables.

8. El paisaje por ser patrimonio común deberá ser protegido.

9. La prevención de desastres será materia de interés colectivo y las medidas tomadas para evitar o mitigar los efectos de su ocurrencia serán de obligatorio cumplimiento.

10. La acción para la protección y recuperación ambientales del país es una tarea conjunta y coordinada entre el Estado, la comunidad, las organizaciones no gubernamentales y el sector privado. El Estado apoyará e incentivará la conformación

de organismos no gubernamentales para la protección ambiental y podrá delegar en ellos algunas de sus funciones.

11. Los estudios de impacto ambiental serán el instrumento básico para la toma de decisiones respecto a la construcción de obras y actividades que afecten significativamente el medio ambiente natural o artificial.

12. El manejo ambiental del país, conforme a la Constitución Nacional, será descentralizado, democrático y participativo.

13. Para el manejo ambiental del país, se establece un Sistema Nacional Ambiental, SINA, cuyos componentes y su interrelación definen los mecanismos de actuación del Estado y la sociedad civil.

14. Las instituciones ambientales del Estado se estructurarán teniendo como base criterios de manejo integral del medio ambiente y su interrelación con los procesos de planificación económica, social y física.

En materia de residuos, en 1998, se estructura la Política para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, la cual da el marco para la estructuración normativa para el manejo de residuos sólidos en el país. La **Figura 6**, muestra la estructura general del marco normativo colombiano en materia de residuos.



**Figura 6.** Estructura general de normatividad en residuos sólidos para colombiana.

En el marco de la Ley 99 de 1993, la Política Colombiana para la gestión Integral de Residuos Sólidos establece 3 objetivos específicos que determinan el horizonte de las actividades de la gestión en residuos:

1. Minimizar la cantidad de residuos que se generan,
2. Aumentar el aprovechamiento racional de los residuos sólidos y
3. Mejorar los sistemas de eliminación, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.

De esta Política creada en 1993, se establecen todas las normas que regulan el servicio público de aseo y la gestión integral de residuos sólidos en el país. La Tabla 2, resume

los requisitos normativos vigentes que en el marco de la Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos han sido reglamentados en la materia.

**Tabla 2.** Marco normativo colombiano en Residuos Solidos

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Decreto Ley 2811/1974	Código de Recursos Naturales
Ley 9 /1979	Código Sanitario Nacional
Resolución 2309/1986	Define los residuos especiales, los criterios de identificación, tratamiento y registro. Establece planes de cumplimiento vigilancia y seguridad.
Constitución Política de 1991	Incorpora en su art 63 el medio ambiente como patrimonio común de la Nación, art 79 el derecho de un ambiente sano, art 80 desarrollo sostenible
Ley 99/1993	Ley general del Medio Ambiente
Ley 142 /1994	Marco para el desarrollo empresarial del servicio de aseo, establece el régimen general de los servicios públicos domiciliarios, incluido el servicio público de aseo
Resolución 541/1994	Reglamenta la carga, descarga, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales de concreto y agregados sueltos de construcción.

Norma	Descripción
Documento CONPES (Consejo Nacional de Política Económica y Social) 2750/1994	Políticas sobre manejo de residuos sólidos
Resolución 0189/1994	Regulación para impedir la introducción al territorio nacional de residuos peligrosos.
Ley 253/1995	Aprueba el Convenio de Basilea en cuanto al control de desechos peligrosos y su control
Decreto 605/1996	Reglamenta la ley 142 de 1994. En cuanto al manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos
Ley 430 /1998	Ley de desechos peligrosos.
Ministerio del Medio Ambiente/ 1998	Política Nacional para la Gestión integral de residuos sólidos
Resolución 415/1998	Establece los casos en los cuales se permite la combustión de aceites de desecho y las condiciones técnicas para realizar la misma
(Continuación Tabla 2)	
Decreto 2676/2000	Establece el plan integral de gestión de residuos hospitalarios y similares.
Decreto 1609/2002	Reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera( incluye residuos peligrosos)

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Decreto 1669/2002	Modifica el Decreto 2676/2000
Ley1713/2002	Establece las condiciones ambientales mínimas que se deben cumplir en cada uno de los componentes del servicio público de aseo incluido las estaciones de transferencia.
Resolución 1164/2002	Se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares
Decreto 1140 de 2003	Establece las normas para almacenamiento de residuos sólidos urbanos.
Decreto 1505 de 2003	Incluye el "Plan Regional o Local de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS", mediante el cual los entes territoriales deben establecer estrategias, programas y proyectos sostenibles a corto, mediano y largo plazo.
Resolución 1045 de 2003	Establece la metodología para la elaboración y ejecución de los PGIRS
Resolución 477 de 2004	Establece los plazos para iniciar la implementación PGIRS que han sido formulados.
Ministerio del Medio Ambiente/ 2005	Modifica la Política Nacional para la Gestión integral de residuos sólidos

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
Decreto 838/2005	Modifica del decreto 1713/2002, establece normas relacionadas con los mecanismos de planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos mediante la tecnología de relleno sanitario.
Resolución 1390 de 2005	Establece las directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica de centros de disposición inadecuados a rellenos sanitarios
Decreto 4741/2005	Reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos
(Continuación Tabla 2)	
Resolución 693/2007	Establece los elementos que deben ser considerados en los Planes de Gestión pos consumo por el uso de plaguicidas.
Resolución 1362/2007	Establece requisitos y procedimientos para el registro de generadores de residuos o desechos peligrosos a que hacen referencia los art 27 y 28 del Decreto 4741/2005.
Resolución 1402/2007	Establece la obligación y responsabilidad de los generadores identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos o

Norma	Descripción
	desechos peligrosos que genere.
Ley 1252/2008	Instaura normas prohibitivas en materia ambiental, referentes a los residuos y desechos peligrosos
Ley 1259/2008	Instaura en el territorio nacional colombiano la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones
Decreto 3695/2009	Reglamentar el formato, presentación y contenido del comparendo ambiental de que trata la Ley 1259 de 2008, así como establecer los lineamientos generales para su imposición al momento de la comisión de cualquiera de las infracciones sobre aseo, limpieza y recolección de residuos sólidos, que adelante se codifican
Resolución 371/2009	Establece los elementos que deben ser considerados en los Planes de Gestión de Devolución de Productos Pos consumo de Fármacos o Medicamentos Vencidos
Resolución 372/2009	Establece los elementos que deben ser considerados en los Planes de Gestión de Devolución de Productos Pos consumo de

Norma	Descripción
	Baterías Usadas Plomo Acido.
Resolución 1297/2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Pilas y/o Acumuladores y se adoptan otras disposiciones
Resolución 1457/2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Llantas Usadas y se adoptan otras disposiciones
Resolución 1511/2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Bombillas y se adoptan otras disposiciones
(Continuación Tabla 2)	
Resolución 1512/2010	Establece los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de computadores
Ley 1672/2013	Establece los lineamientos para la adopción de una política pública de gestión integral de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos ( RAEES)
Decreto 920/2013	Reglamenta el artículo 251 de la Ley 1450 de 2011(Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014)

Norma	Descripción
	en relación con el incentivo a los municipios donde se ubiquen rellenos sanitarios y estaciones de transferencia regionales para residuos sólidos.
Decreto 2981/2013	Reglamenta la prestación del servicio público de aseo, incluye; aspectos generales en la prestación del servicio de aseo, actividades del servicio público de aseo, recolección y transporte, barrido y limpieza de áreas públicas, transferencia, entre otras.
Decreto 1287/2014	Establece criterios para el uso de los biosólidos generados en plantas de tratamiento de aguas residuales municipales
Resolución 754/2014	Establece la metodología para la formulación, implementación evaluación, seguimiento control y actualización de los planes de gestión de residuos solidos
Decreto 1076/ 2015	Decreto único reglamentario del sector de ambiente y desarrollo sostenible.
Resolución CRA 720/ 2015	Resolución que se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de

<b>Norma</b>	<b>Descripción</b>
	5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones

## CAPITULO III

### MÉTODOS Y MATERIALES

Para el desarrollo del presente trabajo, la metodología utilizada se presenta en la Figura 6. Esta metodología se desarrolló en 5 etapas, cada etapa pretende determinar los parámetros técnicos, ambientales y sociales que se requieren para la instalación de una ET en el municipio de estudio.



**Figura 7.** Metodología utilizada en el proyecto

En la primera etapa diagnóstico de zona de estudio, se lleva a cabo una contextualización de la zona de estudio, municipio, número de habitantes, crecimiento

poblacional, la caracterización de los residuos que allí se generan y su proyección a 35 años, tiempo medio de vida útil de la ET.

La segunda etapa denominada emplazamiento, se centra en la definición del área de ubicación de la ET, teniendo en cuenta la normatividad legal vigente para el emplazamiento de este tipo de instalaciones en el Plan de Ordenamiento Territorial – POT- del Municipio. Además una vez evaluado y definida la ubicación lleva a cabo un análisis del contexto social y ambiental del lugar.

La tercera etapa: Parámetros técnicos define cada una de las características que requiere la ET para su funcionamiento entre ella: área, capacidad, número de vehículos requeridos, servicios que presta, horario entre otros requerimientos técnicos.

La cuarta etapa: Manejo Ambiental realiza el análisis de los aspectos e impactos ambientales que la construcción y funcionamiento de la ET tiene, definiendo para cada uno de ellos unas fichas de manejo ambiental que buscan mitigar o minimizar los impactos generados.

La quinta etapa: Viabilidad económica analiza los costos, ingresos e indicadores financieros como TIR Modf<sup>1</sup> y VAN<sup>2</sup> para determinar si la instalación de una ET en el municipio de Fusagasugá es viable económicamente y si su emplazamiento e inversión es más rentable que su no instalación.

---

<sup>1</sup> TIR Modf: Tasa Interna de Retorno Modificada

<sup>2</sup> VAN: Valos actual Neto

Una vez determinadas y analizados todos los parámetros mencionados anteriormente, se realiza el análisis de la información y las conclusiones acerca de la viabilidad técnica y económica de la ET en el municipio de Fusagasugá.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 DIAGNÓSTICO DE LA ZONA DE ESTUDIO**

Por cuanto, el objetivo principal de este proyecto es el determinar la viabilidad de la instalación de una ET para aumentar la capacidad de prestar el servicio en el municipio, la etapa de planificación debe prestar atención en determinar el tipo de residuos que van a ser transferidos, la capacidad requerida de la ET en cuanto el crecimiento del municipio y la prestación del servicio y la ubicación de la estación en el lugar geográfico que permita optimizar los viajes realizados por tracto camiones y aumentar el número de recorridos de los camiones recolectores municipales.

Con el fin de llevar a cabo un análisis geográfico preciso, es conveniente contar con toda la información general del Municipio, para esto se deben tomar en cuenta las condiciones físicas y naturales del lugar, así como, el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) en el que se establecen las directrices para el uso del suelo. Con esta información se busca prever las zonas de posible ubicación de la infraestructura para la instalación de la ET.

La información de relevancia acerca del municipio debe incluir;

- Densidad de la población
- Vías de acceso
- Disponibilidad de servicios básicos.

- Climas predominantes
- Temperatura promedio
- Temperatura máxima absoluta
- Temperatura mínima absoluta
- Precipitación pluvial
- Humedad relativa

#### **4.1.1 MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ.**

##### **4.1.1.1 Localización geográfica.**

El municipio de Fusagasugá se encuentra a 64 km al sur de la capital colombiana, en la región Andina, al sur occidente del Departamento de Cundinamarca. (Figura 8)

Fusagasugá, es la capital de la provincia del Sumapaz, considerada una de las ciudades con más desarrollo de la región central, centro económico y de servicios del sur del departamento.



**Figura 8.** Ubicación Municipio Fusagasugá.

Fuente: <http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co>

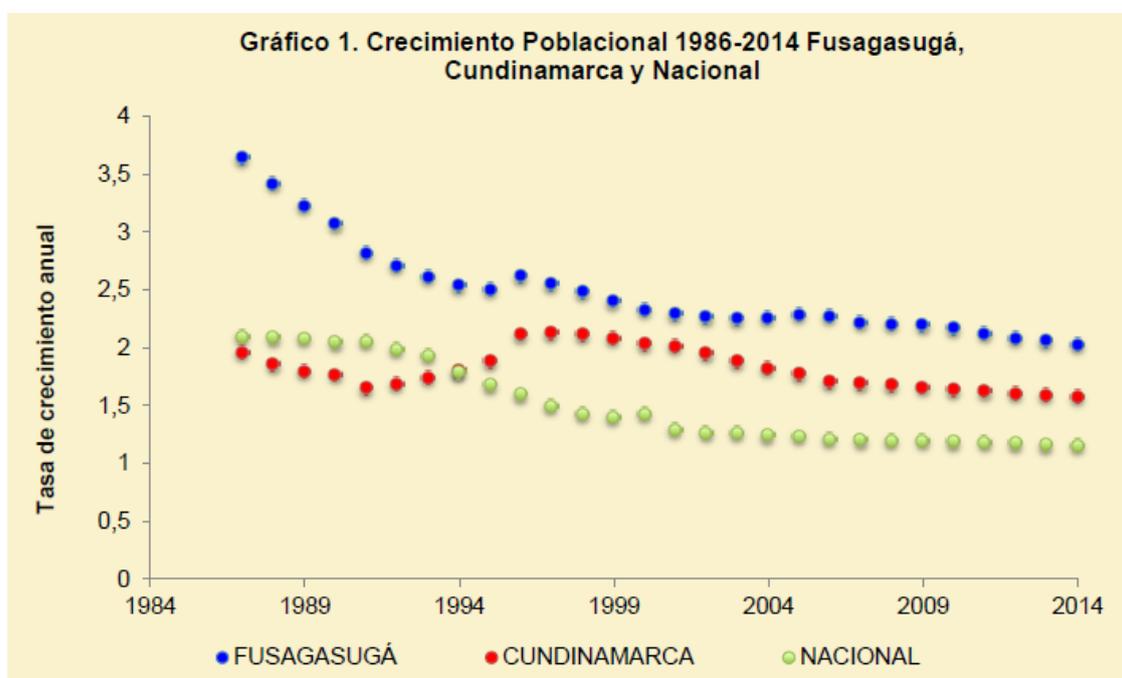
El municipio limita al norte; con los municipios de Silvania y Sibaté; al sur; con los municipios de Arbeláez, Pandi e Icononzo; al oriente; con los municipios de Pasca y Sibaté y con los municipios de Tibacuy y Silvania al Occidente.

El municipio de Fusagasugá cuenta con una extensión total de 204 km<sup>2</sup>. De los cuales 190,9 km<sup>2</sup> se encuentran el área rural, compuesta por cinco corregimientos y 13,02 km<sup>2</sup> de área urbana compuesta por seis comunas. (Fusagasugá, 2014) –Ver Anexo 1.

#### 4.1.1.2 Densidad de la población

Fusagasugá presenta un alto volumen de población flotante debido a que es un centro regional de comercio y servicios. Según proyecciones del Departamento Administrativo Nacional de Estadística –DANE-, Fusagasugá se encuentra en un crecimiento de su población con una tasa de 3% mayor a la departamental que se mantiene alrededor del 1.5% (Figura 9).

Para el 2014, la población que el DANE estipuló para el municipio fue de 131.914 habitantes, es decir, 602 hab/km<sup>2</sup>. Se proyecta que para el 2017 su población sea de 139.805 habitantes y para 2020 de 147.631 habitantes. (Universidad Nacional de Colombia, Alcaldía de Fusagasugá, 2014)



**Figura 9.** Crecimiento Poblacional Fusagasugá.

Fuente: DANE Proyecciones

#### 4.1.1.3 Vías de acceso.

Las vías de acceso principales al municipio son:

- Vía panamericana: la cual comunica el sur con el norte del país.
- Vía san Rafael: la cual conecta el municipio con la población de Sibaté.
- Vías terciarias que conectan a Fusagasugá con los demás Municipios y su zona rural.

En la zona urbana, el principal eje del sistema vial de la ciudad es la calle 11 la cual divide la ciudad en dos sectores. El primer sector, corresponde a las manzanas que se asentaron alrededor del parque principal y que dan origen a la primera retícula de calles y carreras de la zona urbana. El segundo sector, da origen al crecimiento de nuevos barrios, que si bien está compuesto por calle y carreras, estas no se basan en el sentido de orientación de las vías del primer sector.

En noviembre del año 2010 la Oficina de Planeación del municipio, realizó de forma general un inventario de la malla vial encontrando:

- La red vial urbana está compuesta por 228,66km lineales, de los cuales 220,66 km corresponde a red vial vehicular y 7,98 km a red vial peatonal.
- La red vial vehicular representa el 20,56% del total de la red vial del municipio.
- La red vial vehicular se encuentra pavimentada en un 84.86% (187.27 km). La red vial vehicular sin pavimentar está en el orden de los 33.41km correspondiente al 15.14%.

En cuanto a la calidad y tipo de las vías, se encontró que en el área urbana el 75% se encuentran pavimentadas, el 25% se encuentra sin ninguna obra de pavimentación. Se debe tener en cuenta que del porcentaje de vías pavimentadas no todas se encuentran en buen estado y es necesario realizar actividades de mantenimiento preventivo y correctivo. En cuanto a las vías rurales, en un 85% se encuentran recebadas- vías con área o piedra menuda que se extiende en una carreteo para igualarla-, razón por las cuales requieren mantenimiento anual o en época de invierno. (Fusagasugá, 2014)

#### **4.1.1.4 Clima**

El territorio fusagasugueño se encuentra entre los 550 y los 3.050msnm – metros sobre el nivel del mar-. El perímetro urbano se encuentra a 1.726 msnm con una temperatura promedio de 20 °C y precipitación superior a los 1.250 mm anuales. La humedad relativa del ambiente de la cabecera municipal y otras sub zonas climáticas del municipio es de 85% con máximos mensuales de 93% y mínimos de 74%. (Fusagasugá, 2014).

#### **4.1.1.5 Servicios básicos**

De acuerdo con el Decreto No. 475 de 1998 y según los reportes de la Empresa de Servicios Públicos de Fusagasugá –EMSERFUSA-, en la zona urbana del municipio se suministra agua potable con un 100% de salubridad.

Para el abastecimiento hídrico, el municipio cuenta con 31 acueductos veredales que se surten de los ríos Barro Blanco y Cuja, de estos, solo 4 cuentan con algún sistema de pre

tratamiento de agua, los restantes consumen el agua en las mismas condiciones físicas y químicas como la captan. (Alcaldía municipal Carlos Andres Daza Beltran, 2011)

La cobertura del servicio de alcantarillado tiene una cobertura del 98% en el área urbana. En el área rural, Las aguas residuales domesticas –ARD- generan gran contaminación en las quebradas donde se descargan los vertimientos ya que no se realiza ningún tipo de tratamiento, no se tiene ninguna caracterización de los vertimientos a las quebradas, ni tampoco se caracterizan los vertimientos que hacen los usuarios especialmente aquellos que tiene algún tipo de manipuleo de sustancias tóxicas como aceites, desechos de gases licuados, materiales no biodegradables, etc. (Alcaldía municipal Carlos Andres Daza Beltran, 2011)

El servicio de alumbrado público cuenta con una cobertura y calidad del 90% en el sector urbano. (Alcaldía municipal Carlos Andres Daza Beltran, 2011)

#### **4.1.1.6 Características socioeconómicas**

Las condiciones sociales y económicas necesarias para determinar la viabilidad de instalar una ET son:

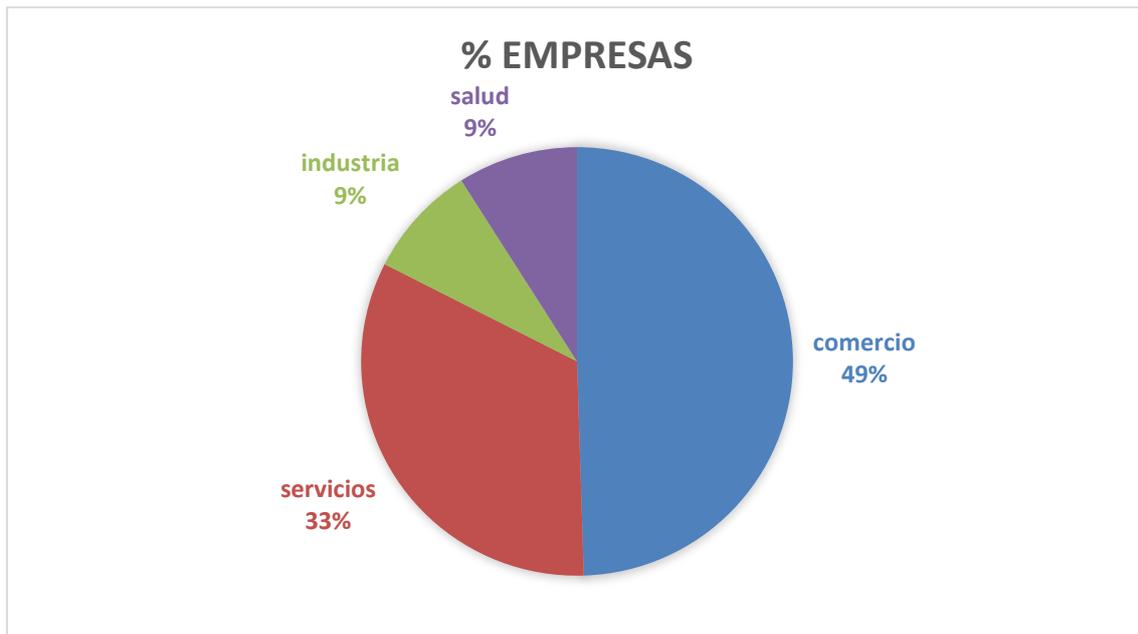
- Actividades económicas principales del municipio.
- Industrias, comercio y actividades agrícolas que puedan aprovechar los residuos sólidos generados.
- Identificación de áreas degradadas como canteras, etc. Susceptibles para ser acondicionadas con abonos orgánicos obtenidos de la transformación de residuos sólidos orgánicos.
- Ingreso per cápita de la población.

- Estratificación Socioeconómica del municipio.
- Identificación de las organizaciones de gestores de residuos sólidos, descripción de sus actividades y número de recicladores.
- Identificación de comités de desarrollo y control social.
- Número de recicladores con empleo formal

#### **4.1.1.7 Desarrollo socio-económico**

Fusagasugá hace parte de los 26 municipios del primer anillo de Influencia para Bogotá, D.C.; la relación productiva de Bogotá, D.C. con estos municipios se basa en actividades industriales, suministro de alimentos y materias primas. (Fusagasugá, 2014).

En Fusagasugá los principales sectores productivos son el comercio, la construcción y el mercado agropecuario. Dentro del municipio se localizan alrededor de 3.579 empresas, de las cuales el 49,5% corresponden al sector comercio en su mayoría al por menor, el 8,5% corresponde a actividades industriales predominando la fabricación de productos alimenticios y bebidas, el 33% a la prestación de servicios incluidos hoteles y restaurantes y el 9% a servicios de salud (Figura 10). (Universidad Nacional de Colombia, Alcaldía de Fusagasugá, 2014)



**Figura 10.** % empresas en el municipio de Fusagasugá.

#### **Actividades económicas principales del municipio.**

La principal actividad económica del municipio es el comercio, el cual se conforma básicamente por las actividades de comercialización de los productos agrícolas producidos en la región. El sector agroindustrial desarrolla actividades de ganadería, avicultura, porcicultura y producción agrícola. El subsector más representativo en cantidad y producción en pesos es la porcicultura. En cuanto a la producción agrícola, los productos de mayor siembra y comercialización se refieren a habichuela, tomate chonto, frijol, arveja, mora, plátano, cítricos, lulo, tomate de árbol, curuba, pitaya, feijoa, guanábana, caña panelera, maíz, café tradicional y café tecnificado (Alcaldía de Fusagasugá, 2015)

Después del sector comercio, los servicios representan el 17,4% del total de empresas localizadas en el departamento de Cundinamarca, las cuales emplean 4.737 personas aproximadamente correspondiente a un 39.9% del total del empleo municipal. (Alcaldía de Fusagasugá, 2015)

Otras ramas industriales predominantes en la actividad económica del municipio se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Principales ramas industriales Municipio de Fusagasugá.

Descripción	% empresas	% ingresos	% Empleo
Productos lácteos	21	37.5	6.8
Productos de panadería	34	33.3	34
Prendas de vestir	14.5	5.1	7.4
Piezas de carpintería	2.7	1.2	1.6
Otros productos de madera	3	2.3	8.1
Productos metálicos	16.3	3.5	10.7
Fabricación de muebles	9.9	8.2	10.4
Fabricación de juguetes	2.1	0.61	1.3
Subtotal	84.7	89.9	80.3

Fuente: Alcaldía de Fusagasugá, 2015

#### 4.1.2 GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

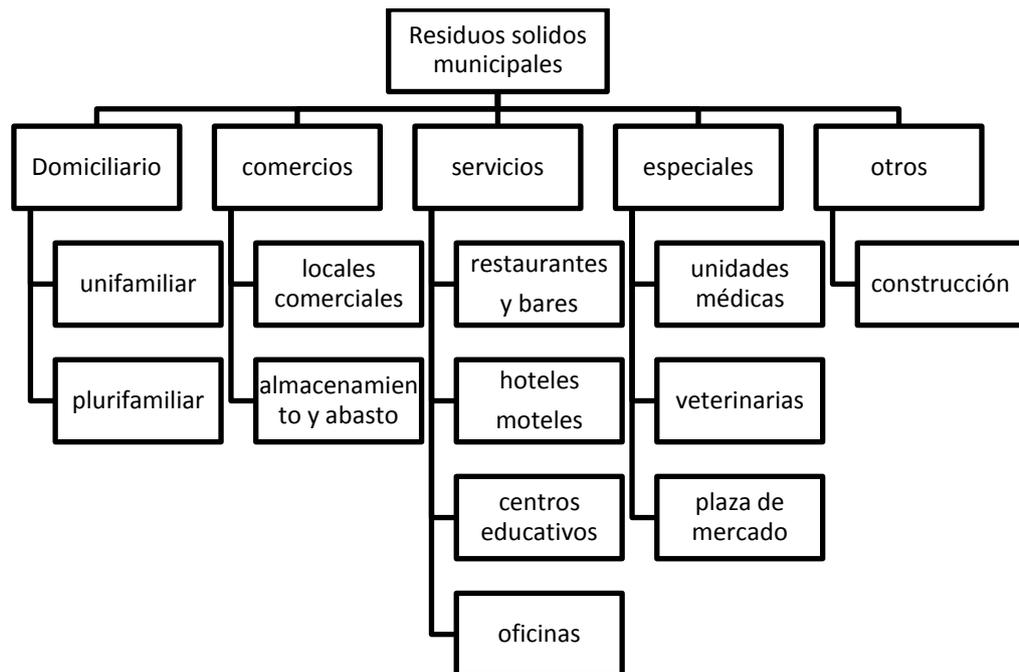
Conocer las características cualitativas y cuantitativas intrínsecas de los residuos sólidos generados en el municipio o área de estudio, es fundamental para establecer sistemas de manejo, control y aprovechamiento que resguarden el nivel de vida de la población y se logre mayor cobertura del sistema.

El sistema de gestión de residuos del municipio de Fusagasugá está compuesto por la recolección, transporte y disposición final de los residuos. La recolección se realiza dos (2) veces por semana en el área urbana en camiones compactadores y una (1) vez a la semana en área rural con volquetas. La recolección no se lleva a cabo de forma selectiva, es decir que no existe un plan de reciclado municipal. Los residuos sólidos producidos en la plaza de mercado y los originados en el barrido de calles y áreas públicas se recogen tres veces al día. En cuanto a los Residuos infecciosos o de riesgo biológico, estos son gestionados por el hospital y la clínica del municipio con empresas privadas autorizadas para la gestión.

El 95% de las vías del municipio, permiten acceso fácil de los vehículos recolectores, las demás no lo permiten por sus características físicas. Los sectores de acceso restringido son atendidos mediante recolección de contenedores dispuestos en lugares estratégicos (entrada a la vereda).

#### **4.1.2.1 Clasificación de fuentes generadoras**

Las fuentes generadoras se clasifican en función de las actividades particulares que en ellas se desarrollan. Las diferentes fuentes de generación dan origen a residuos sólidos que presentan cierta semejanza en cuanto a sus características intrínsecas que orientan hacia las posibles alternativas para su manejo, control y aprovechamiento. En la Figura 11, se presentan las principales fuentes generadoras del municipio de Fusagasugá.



**Figura 11.** Fuentes generadoras de residuos sólidos municipales.

Los desechos sólidos se pueden clasificar en función de la fuente que los genera en:

- **Residuos domésticos o residenciales:** Originados por actividades urbanas en general de residencias.
- **Residuos sólidos industriales:** Originados como resultado de los procesos de producción. Dependiendo del tipo de industria se generan los residuos y su correspondiente grado de contaminación.
- **Residuos de construcción:** Originados en las actividades o procesos de construcción se basan en arena, cemento, escombros.
- **Residuos hospitalarios:** Generados por actividades de atención médica en hospitales o puestos de salud, son residuos que requieren tratamientos específicos.

- **Residuos agrícolas:** Generados por actividades agrícolas, contienen gran contenido de materia orgánica

#### **4.1.3 CUANTIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES.**

Según el informe de audiencia pública de rendición de cuentas del año 2013, la empresa de servicios públicos de Fusagasugá –EMSERFUSA- dispuso en el relleno sanitario Nuevo Mondoñedo un total de 26.648 ton, correspondiente a 2.220 ton/mes. Este volumen corresponde a la cobertura del 100% en la población urbana y el 10% del área rural. Las veredas<sup>3</sup> en las que se presta el servicio son: la aguadita, boquerón, bosachoque, casa de lata y novillero. El volumen de los desechos sólidos de la zona rural es indeterminado, donde no existe cobertura del servicio de recolección de residuos usualmente se realizan quemas de residuos.

Debido a que los datos de cuantificación son de vital importancia para el desarrollo del proyecto, se diseñó una encuesta (Ver Anexo 1) con el objetivo de determinar la cantidad de residuos generados por corrientes de desecho según las fuentes identificadas en la Figura 11 11. Con estos datos, se procede a conocer la producción per cápita (kg/Hab día) y poder realizar la proyección a 20 años de la cantidad de residuos que se requieren gestionar a través de la ET.

##### **4.1.3.1 Resultados encuesta**

---

<sup>3</sup> Vereda: término usado en Colombia para definir un tipo de subdivisión territorial de los diferentes municipios del país. Las veredas comprenden principalmente zonas rurales entre 50 y 1200 hab.

En julio de 2015, se realizaron un total de 83 encuestas en la ciudad de Fusagasugá a diferentes fuentes generadoras de residuos. Los resultados de la encuesta se presentan en la

Tabla 4.

**Tabla 4.** Resultados encuesta Fusagasugá caracterización residuos.

Fuente Generadora	Sub clasificación	Cantidad encuestas	Tipo de residuos generados (%)					Tiene implementado procesos de reciclado		Generación promedio (Bolsas/semana)  1.40*1.40*80 aprox
			Orgánicos	Plásticos	Papel	Orgánico	Peligrosos	SI	NO	
Domiciliario	Unifamiliar	25	20	10	7	60	3	5% Entrega de cartón	95%	1.6 Bolsas
	Multifamiliar	10	40	10	10	35	5	2% Entrega de cartón	98%	1.45 Bolsas
Comercio	Locales comerciales	15	58	15	15	5	7	37.5% Cartón, papel, botellas plásticas	62.5%	4.2 Bolsas

Fuente Generadora	Sub clasificación	Cantidad encuestas	Tipo de residuos generados (%)					Tiene implementado procesos de reciclado		Generación promedio (Bolsas/semana)
	<b>Almacenamiento y abasto</b>	5	10	20	40	5	25	80% Cartón, papel, plástico	20%	3Bolsas  (2 Bolsas de Cartón- 1 atado)
<b>Servicios</b>	<b>Restaurantes</b>	5	10	20	5	60	5	0%	100%	6 Bolsas
	<b>Hoteles</b>	3	50	5	5	30	10	0%	100%	4 Bolsas
	<b>Centros educativos</b>	2	35	10	15	33	7	50% Plástico , cartón	50%	7 Bolsas
	<b>Oficinas</b>	5	40	7	30	20	3	40% Papel, plástico tóner de impresión	60%	1.5 Bolsas
<b>Especiales</b>	<b>Unidades medicas</b>	5	15	3	2	20	60	80% riesgo biológico o ordinarios, papel	20%	15 Bolsas

Fuente Generadora	Sub clasificación	Cantidad encuestas	Tipo de residuos generados (%)					Tiene implementado procesos de reciclado		Generación promedio (Bolsas/semana)
	<b>Veterinarias</b>	3	30	3	5	12	50	80% Peligrosos Papel ordinarios	20%	3 Bolsas
	<b>Plaza mercado</b>	5	15	1	4	80	0	0%	100%	150 Bolsas
<b>TOTAL</b>		83								

Según los resultados de la encuesta el 42% de los residuos generados en el municipio corresponde a residuos domiciliarios, 24% a residuos de comercios, 18% a empresas de servicios 10% a empresas de servicios especiales (hospitales, veterinarias). Del total de personas/ empresas encuestadas en promedio el 29% indica que cuenta procesos de separación de residuos o tiene implementado procesos de reciclado en sus instalaciones. Los procesos de reciclaje implementados por las personas en sus hogares es la separación del cartón y papel y la entrega no formal a recicladores de oficio

Los tipos de residuos generados son:

**Residuos orgánicos:** representan cerca del 33% de los residuos generados a nivel municipal, la mayor fuente generadora es la plaza de mercado, las viviendas residenciales y los residuos alimenticios de restaurantes y hoteles. Estos residuos están compuestos por: restos de frutas y verduras, café, té, cascaras de verduras, tierra, verduras y frutas no aptos para venta.

Estos residuos son biodegradables, de modo que su degradación puede ocurrir de forma natural y a su vez generar un buen uso de su resultado a través de procesos de compostado. En la actualidad, el 100% de estos desechos van al relleno sanitario y no son clasificados en las fuentes de generación.

**Papel/cartón:** La generación de residuos papel y cartón dentro del municipio representa un 12,5% de los residuos del municipio. De estos residuos generados se recicla cerca del 30% básicamente el cartón generado por empresas de servicios y abasto que se entrega a personas denominadas “cartoneros”- recicladores informales-.

**Plástico:** La generación de residuos plásticos es sin duda el ítem de mayor crecimiento durante los últimos años, esto dado principalmente por los usos de desechables que se le dan a los productos contenidos en envases plásticos. La generación de plásticos en el municipio representa el 11,5% del total de los residuos generados. Estos residuos plásticos se pueden clasificar de diversas formas, según su nombre, sigla y usos y destinar a procesos de reciclado.

El reciclaje de productos plásticos por lo general se utiliza para confeccionar productos que no necesitan materia prima de alta calidad, como bancos, sillas, mesas, baldosas,

paneles. Se debe ahondar en los tipos de plásticos generados a modo de determinar las cadenas de valor que se pueden tener para este tipo de residuo.

**Residuos peligrosos:** La generación de residuos peligrosos representa cerca de un 15% de los residuos en general. Esa cantidad corresponde principalmente a residuos hospitalarios o de riesgo biológico de las actividades desarrolladas en veterinarias, centros de salud, el hospital y la clínica de la ciudad, este porcentaje es entregado a empresas autorizadas para la gestión de este tipo de residuos en la gran mayoría de los casos, Una proporción no cuantificada de residuos peligrosos generados son aquellos que provienen de actividades de mantenimiento de motos y vehículos los cuales se desconoce si son destinados como residuos peligrosos.

#### **4.1.4 GENERACIÓN PER CÁPITA**

La producción de residuos sólidos domésticos es una variable que depende básicamente del tamaño de la población y de sus características socioeconómicas.

La producción per cápita (PPC), es la producción de residuos por Hab, este índice permite establecer cuantos residuos se generan en el municipio y permite determinar la capacidad que debe tener la ET para el manejo de los mismos. Este parámetro asocia el tamaño de la población, la cantidad de residuos y el tiempo; siendo la unidad de expresión el kilogramo por habitante por día (Kg/hab/día).

La PPC es un parámetro que evoluciona en la medida que los elementos que la definen varían. Es decir, que varía básicamente en función del crecimiento de la población, del

grado de urbanización, densidad poblacional y el nivel de consumo o nivel socioeconómico. Otros elementos, como los periodos estacionales y las actividades predominantes también afectan la PPC.

Para determinar la PCC del municipio de Fusagasugá, se toma el valor de crecimiento anual (3%) suministrado por el CENSO del DANE 2005 ( Ver Figura 8) y se proyecta el crecimiento poblacional por el tiempo de duración de la instalación -35 años- , es decir hasta el año 2046.

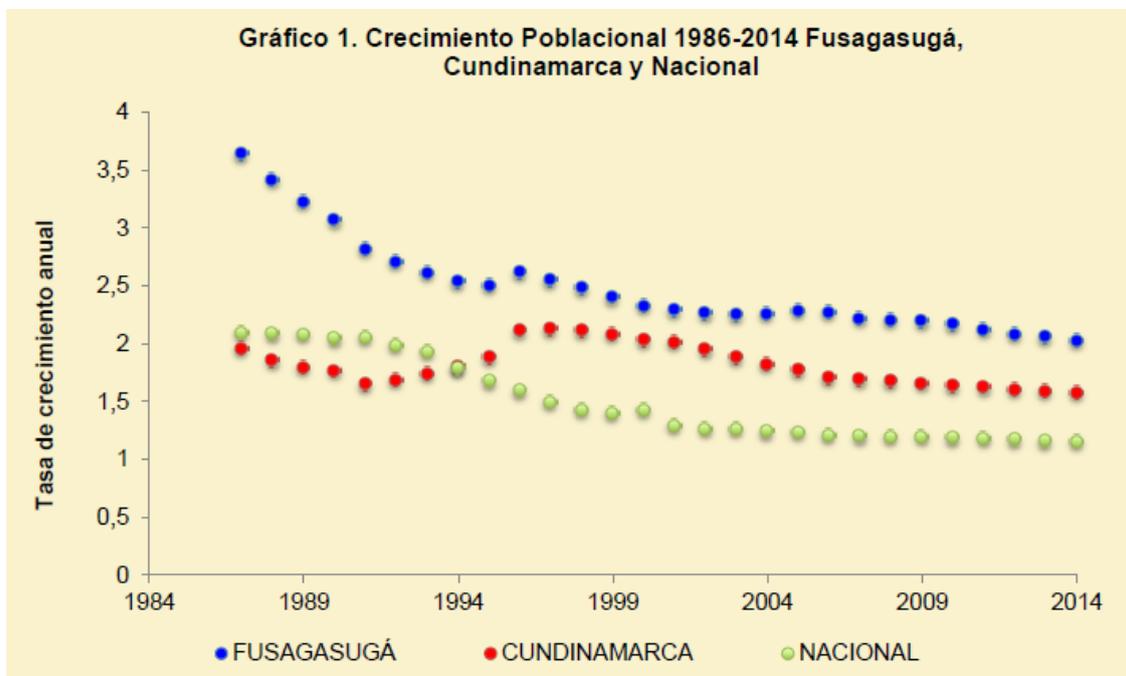


Figura 9

**Figura 8.** Crecimiento poblacional Fusagasugá.

La proyección de crecimiento se hace con base en la siguiente expresión

¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.)

Donde;

**Pf** = Población final (número de habitantes)

**Po** = Población inicial (número de habitantes)

**K** = Tasa de crecimiento

**Tf** = Año de proyección

**Ti** = Año del censo.

Para el municipio de Fusagasugá la población para el año 2046 será de:

$$P_f = 108.938 e^{0.02(2046-2005)}$$

$$P_f = 247.344 \text{ Habitantes}$$

La producción per cápita de residuos será entonces;

$$PCC = 1000Rs/Pf \text{ (Ecuación 2)}$$

Donde;

Rs= residuos generados día (Kg)

Pf= Población final (Habitantes).

A partir de las ecuaciones 1 y 2, se calcula la producción per cápita de residuos en el municipio de Fusagasugá desde el año 2013 hasta el año 2046, la cual se muestra en la Tabla 5 5. Se estima una cobertura de 55% ya que si bien el área urbana se cuenta con cobertura del 100%, el servicio las zonas en el área rural solo se cuenta con 10% de cobertura (*Ver numeral 4.1.3* )

**Tabla 5.** Proyección producción per cápita de residuos en el municipio de Fusagasugá.

<b>AÑO</b>	<b>Ecuación 1.</b> Número de Habitantes	<b>QRT</b> Generacion de residuos (crecimiento 4% anual) ton/ mes	<b>PRODUCCION</b> <b>TOTAL DIARIA</b> <b>(ton/ día)</b>	<b>PCC</b> <b>( Kg/ hab dia)</b> <b>(Ecuación 2)</b>
2013	138487	2220	74,00	0,53
2014	142705	2309	76,96	0,54
2015	147051	2401	80,04	0,54
2016	151529	2497	83,24	0,55
2017	156144	2597	86,57	0,55
2018	160899	2701	90,03	0,56
2019	165799	2809	93,63	0,56
2020	170849	2921	97,38	0,57
2021	176052	3038	101,27	0,58
2022	181413	3160	105,33	0,58
2023	186938	3286	109,54	0,59
2024	192631	3418	113,92	0,59
2025	198498	3554	118,48	0,60
2026	204543	3696	123,22	0,60
2027	210772	3844	128,14	0,61
2028	217191	3998	133,27	0,61
2029	223806	4158	138,60	0,62

<b>AÑO</b>	<b>Ecuación 1.</b> Número de Habitantes	<b>QRT</b> Generacion de residuos (crecimiento 4% anual) ton/ mes	<b>PRODUCCION</b> <b>TOTAL DIARIA</b> <b>(ton/ día)</b>	<b>PCC</b> <b>( Kg/ hab dia)</b> <b>(Ecuación 2)</b>
2030	230622	4324	144,14	0,63
2031	237645	4497	149,91	0,63
(Continuación Tabla 5).				
2032	244883	4677	155,91	0,64
2033	252340	4864	162,14	0,64
2034	260025	5059	168,63	0,65
2035	267944	5261	175,37	0,65
2036	276104	5472	182,39	0,66
2037	284513	5691	189,68	0,67
2038	293178	5918	197,27	0,67
2039	302106	6155	205,16	0,68
2040	311307	6401	213,37	0,69
2041	320788	6657	221,90	0,69
2042	330557	6923	230,78	0,70
2043	340624	7200	240,01	0,70
2044	350997	7488	249,61	0,71
2045	361687	7788	259,60	0,72
2046	372702	8099	269,98	0,72

#### 4.1.5 DISPOSICION DE RESIDUOS

Los residuos generados en el municipio son dispuestos en el rellano sanitario Nuevo Mondoñedo. El relleno sanitario Nuevo Mondoñedo está ubicado a 65,6 kilómetros del Municipio de Fusagasugá, en la vía Bogotá- La Mesa- Girardot.

Para llegar al relleno sanitario se deben pagar dos peajes categoría V (camiones hasta 4 ejes). El primer peaje se encuentra sobre la vía panamericana denominado Chusaca (con un costo de \$20.500 pesos Col (8 USD) y el segundo en la vía Mondoñedo- Soacha con un costo de \$39.800 pesos Col (14 USD).



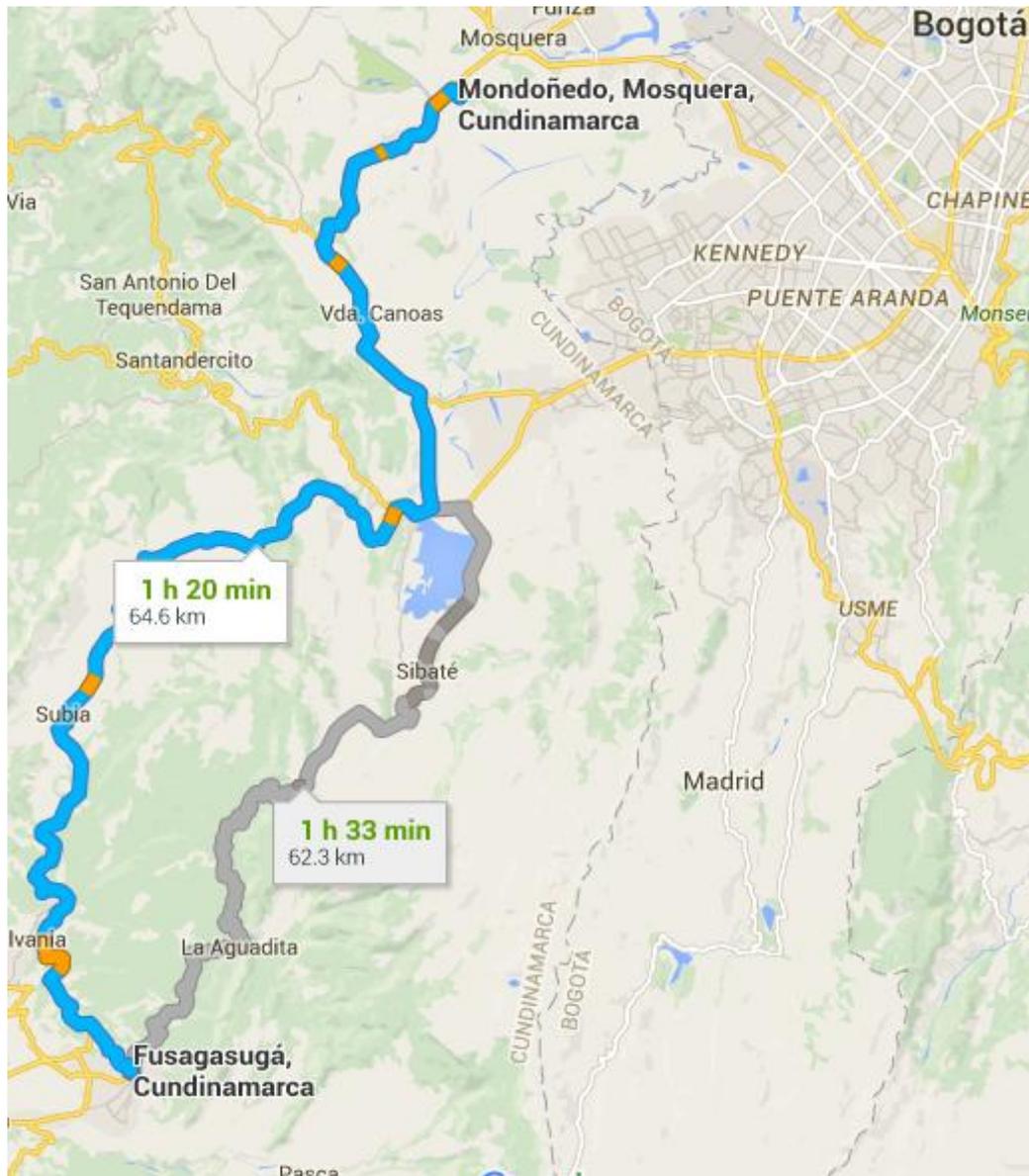
**Figura 12.** Fotografía peajes ruta Fusagasugá- Mondoñedo, Cundinamarca, Colombia

En la actualidad el Municipio cuenta con 4 vehículos recolectores, los cuales realizan un

Viaje diario, gastando en promedio 4 horas ida y vuelta. (Figura 13), este recorrido se hace por vía la panamericana hasta la desviación vía Soacha-Mondoñedo. La vía panamericana en días feriados (no incluye sábados ni domingos ordinarios) cuenta con restricción de vehículos pesados.

Debido a la distancia que se debe recorrer, la definición de la viabilidad de la instalación de una ET en el municipio de Fusagasugá es importante ya que es una posibilidad de aumento en la cobertura del servicio, mejora de la disposición de los medios y mejora de los recorridos actuales.

El municipio entre los años 2006-2010 dispuso en el relleno Sanitario un promedio de 9.769 toneladas.



**Figura 13.** Recorrido Fusagasugá- Mondoñedo.

**Fuente:** GOOGLE MAPS

## **4.2 METODOLOGÍA PARA EL EMPLAZAMIENTO DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA**

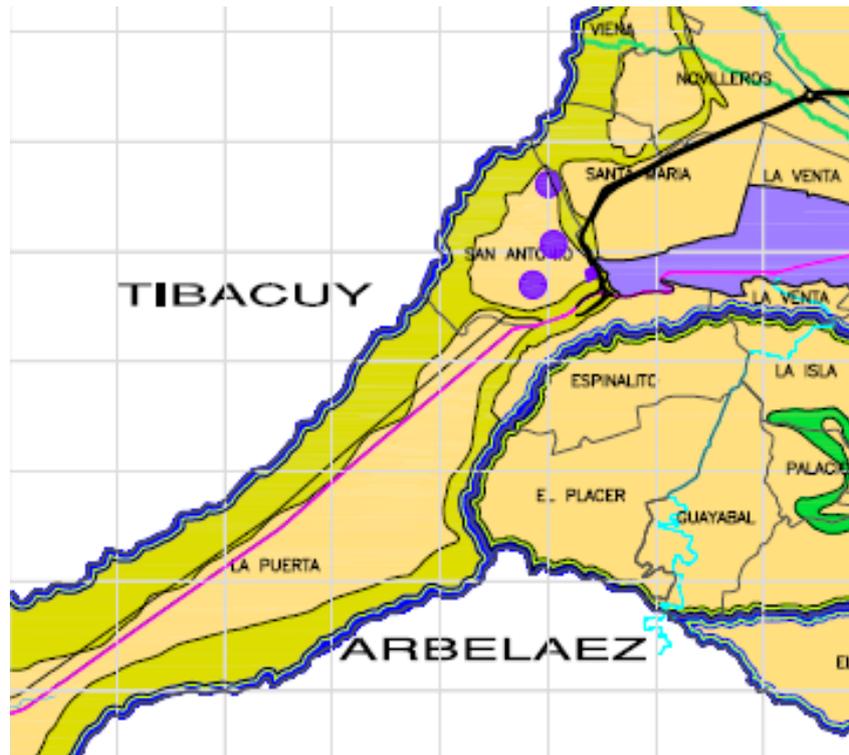
### **4.2.1 DEFINICIÓN DEL ÁREA GEOGRÁFICA DE UBICACIÓN**

De conformidad con lo establecido en los Decretos 1728 de 2002, 1220 de 2005 y 500 de 2006 el diseño, construcción y operación de estaciones de transferencia debe cumplir con las siguientes características:

- No estar localizadas en áreas de influencia de establecimiento estudiantiles, hospitalarios militares y otros cuya actividad sea incompatible.
- Disponer de vías de fácil acceso para los vehículos además de contar con sistema de cargue y descargue
- Contar con un sistema alternativo de operación en caso de fallas, sistema de pesaje, suministro de agua y energía.
- Estar destinadas dentro del Plan de Ordenamiento Territorial –POT- de municipio como áreas para disposición y gestión de residuos, además de los demás requerimientos contemplados para manejo ambiental.

El POT del municipio de Fusagasugá en su plano POT-16 (Zona ecológica rural- Anexo 2) ha determinado las zonas destinadas a relleno sanitario disponibles en el municipio.

Las mismas se muestran en la Figura 14 señaladas con círculos de color.



**Figura 14.** Áreas destinadas a relleno sanitario, gestión de residuos.

En la Figura 14, se identifican 4 zonas habilitadas para la gestión de residuos sólidos, estas zonas se encuentran en la comuna San Antonio al Sur-Occidente del municipio. Como se muestra en la figura estas zonas se encuentran cercanas a la Vía Panamericana.

Teniendo en cuenta los requerimientos reglamentarios mencionados anteriormente, se han definido 4 criterios de evaluación para poder determinar el lote sobre el cual es factible realizar el emplazamiento de la ET.

Las características obtenidas para cada una de las áreas son:

- Área del lote.
- Distancia vía rural.

- Distancia vía panamericana.
- Distancia a comunidad.

En la Tabla 6, se muestran cada uno de los datos para las áreas autorizadas por el municipio para la gestión de residuos;

**Tabla 6.** Características áreas para instalación ET, Fusagasugá.

Área	Área del lote	Distancia vía rural	Distancia vía panamericana	Distancia a comunidad
<p>1.</p> 	3,20 ha	Sobre vía rural	2km	Al finalizar el lote
<p>2.</p> 	51,84 Ha	Sobre vía rural	4 km	Al finalizar el lote
3				

Área	Área del lote	Distancia vía rural	Distancia vía panamericana	Distancia a comunidad
	0.9 Ha	Sobre vía rural	3 km	Al finalizar el lote

Fuente: Imágenes tomadas de Finca Raiz.com

Para determinar cuál es el área que mejor se ajusta a la instalación de la ET en el municipio, se realiza mediante la evaluación de los siguientes criterios:

**1. Área del Lote:**

- Lote con mayor área =2
- Lote área menor =1

**3. Distancia vía panamericana**

- Mayor distancia =1
- Menor distancia =2

**2. Distancia a vía rural:**

- Mayor distancia =1
- Menor distancia = 2

**4. Distancia a la comunidad**

- Mayor distancia =2
- Menor distancia =1

La definición del sitio más idóneo, se comparan los valores obtenidos para los tres sitios (Tabla 7) , eligiendo aquel cuyo valor sea mayor, o sea aquel sitio que involucre una menor ganancia para las acciones alteradoras del hombre hacia el entorno.

**Tabla 7.** Evaluación de zonas para instalación de ET.

<b>Zona</b>	<b>Área del lote</b>	<b>Distancia vía rural</b>	<b>Distancia vía panamericana</b>	<b>Distancia a comunidad</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1</b>	1.5	2	2	2	7.5
<b>2</b>	2	2	1	2	7
<b>3</b>	1	2	1.5	1	5.5

De acuerdo a los resultados establecidos en la Tabla 7 7, la zona de emplazamiento de la ET para el municipio de Fusagasugá debería ser la **zona 1**.

#### **4.2.2 PLANIFICACIÓN DE ET.**

Planificar el establecimiento de una ET debe ser un proceso sistemático para que pueda tener el resultado deseado. Los factores principales en la planificación de un ET deben incluir la evaluación de aspectos: (Solid Waste Association North America, 2014)

- Sociales
- Medio Ambientales
- Económicos
- Cooperación a la región: incluidos los planes de crecimiento territorial y los posibles planes de radicación industrial / comercial.

#### 4.2.2.1 Aspectos Sociales

Los procesos sociales deben ser igual de importantes que los procesos ambientales y económicos en lo que concierne a la gestión de residuos. Aunque, a menudo es difícil encontrar lugares que satisfagan técnica y económicamente las condiciones necesarias para la instalación, creación de un proyecto y que además se cuente con la aceptación de la comunidad.

Generalmente en la gestión de residuos, se debe mediar con el lema “*not in my yard*” – no en mi patio, es por esto que, involucrar a la comunidad en una etapa temprana del proceso de ubicación puede ayudar a abordar específicamente sus preocupaciones en la etapa de planificación y diseño de la instalación.

Suele ser más eficaz, tomar más tiempo en la etapa de planificación y la preparación de un diseño detallado que incluya a la comunidad, que tener problemas con la comunidad en la etapa de construcción y desarrollo que puedan llevar a retrasos, aumento de costos de diseño de último momento y en algunos casos a negaciones o demoras en obtención de licencias ambientales y sociales. Así como los proyectos deben obtener una licencia ambiental, la licencia social indica la legitimización del proyecto.

A menudo las preocupaciones planteadas por la comunidad son:

- Seguridad
- Repercusiones en la salud de la comunidad por la gestión de residuos
- Tráfico y ruido
- Inseguridad
- Proceso de construcción ( Cómo se ejecuta, cuánto tiempo lleva, entre otros)

- Tamaño de la ET, tipo de residuos a manejar
- Generación de olores y polvo
- Aves, insectos y otros carroñeros
- Horas de operación
- Aspecto visual, estética
- Valor de las propiedades del área
- Impactos ambientales (generación aguas, contaminación de aire, etc.)

La participación continua del público dentro del proceso de instalación de una ET, debe ser parte integral del proyecto. La comunidad debe ser un legítimo socio en el proceso de ubicación de la ET, con lo cual se debe fomentar la integridad y la institución de una buena comunicación. Los métodos típicos para la difusión de información y la participación de la comunidad deberían incluir: comunicaciones en boletines oficiales, presentación en medios de comunicación locales (escritos, visuales), puntos de contacto-formularios de contacto, folletos, talleres de comunicación, grupos de servicio comunitario y audiencia pública en los casos en que la ley lo estipule. (Solid Waste Association North America, 2014)

#### **4.2.2.2 Aspectos Ambientales**

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se debe tomar en cuenta la identificación de los rasgos generales que conforman la zona de estudio de forma que se establezca un panorama claro de las condiciones y características de cada uno de los factores ambientales y se dé mayor atención a aquellos directamente involucrados en el proyecto.

Dentro del POT municipal, el subsistema bio-físico (suelo, agua, aire, medio biótico) se presenta como elemento fundamental para el desarrollo del municipio. De forma que, todas las actividades que se desarrollen deberán analizar su desarrollo económico en términos de sostenibilidad ecológica y social además de garantizar la funcionalidad del subsistema.

De acuerdo a lo establecido en la ley 99 de 1993 y la ley 388 de 1987. Las características del subsistema biofísico (suelo, agua, aire, medio biótico) se determinan de acuerdo a información bibliográfica encontrada, estudios de campo ejecutados por entidades de acreditación nacional, mediciones, estudios específicos, información que se encuentre documentada en el POT, inspecciones visuales de campo, que debe ser consolidada dentro del Estudio de Impacto Ambiental -EIA a presentar ante la autoridad ambiental competente.

A continuación se presentan las características principales del medio biofísico del área donde se desarrollara la ET.

## **Suelo**

De acuerdo a la información existente acerca de esta área, se tiene que el tipo de suelo está constituido principalmente por areniscas y arcillolitas y en menor proporción lutitas y shales las cuales corresponden aproximadamente al 60% de la superficie total del territorio. (Municipio de Fusagasugá, 2015)

Se debe llevar a cabo un estudio más profundo acerca de las características del suelo en las cuales se incluya; propiedades físico-químicas, actividad erosiva predominante, topografía del sitio.

## **Agua**

Esta vereda, está rodeada por el río: los chochos el cual es afluente del río Subía y el río cuja.

El río Subía surte a las veredas San Antonio, Santa María y Novilleros.

Los principales usos del agua son domésticos y agrícolas. Esta zona no cuenta con sistema de alcantarillado con lo cual el agua residual se descarga en pozo séptico, en algunas fincas la descarga se hace directamente al cuerpo de agua superficial.

Para la captación de agua se debe contar con el permiso de concesión de agua y se debe tener en cuenta la necesidad de implementar un tratamiento previo al consumo en caso que este sea requerido.

Al momento de la ejecución del EIA se debe obtener información:

- a) Localización del cuerpo de agua
- b) Caudales promedio en época seca y lluvia
- c) Usos principales
- d) Descargas residuales recibidas
- e) Calidad del agua potable
- f) Calidad del agua residual que se descargará al drenaje y alcantarillado urbano o municipal

## **Aire**

No existe información acerca de calidad de aire, la zona de emplazamiento es de tipo rural así que no se prevé que sea una zona de contaminación de aire, sin embargo para el EIA debe hacerse las mediciones de calidad de aire de acuerdo a Decreto 606 de 1997.

## **Características del medio biótico**

La información de flora y fauna debe realizarse mediante estudios específicos para estos componentes y deberá reflejar las condiciones actuales dentro del área de influencia de la estación de transferencia, basada en visitas de campo.

Las características que deben ser evaluadas para estos componentes son:

a) Vegetación terrestre

- Tipo de vegetación
- Principales asociaciones y distribución vegetal
- Cobertura
- Diversidad
- Especies endémicas o en peligro de extinción
- Especies de interés comercial o cultural

b) Fauna

- Diversidad faunística
- Especies dominantes
- Especies en peligro de extinción o endémicas
- Especies de interés (cinegético, comercial y cultural)
- Especies nocivas

#### **4.2.2.3 Aspectos Económicos**

Los factores económicos representan una amenaza para el proyecto ya que en una primera instancia se supone que las plantas separadoras de residuos necesitan más recursos financieros para su funcionamiento e implementación, por lo que una eventual amenaza sería que la nueva

planta tuviese que traspasar esos costos a las municipalidades. Es por esto que, se debe evaluar la prestación del servicio a otros municipios de forma que se maximice la inversión.

Las principales variables económicas son:

- Costo de terreno
- Costo de instalación de facilidades( plantas de tratamiento de aguas, sistemas de venteo, control de MP, etc)
- Costo de vehículos transportadores
- Aumento en la demanda del servicio: proyección de crecimiento de la población y la generación de residuos que proyecta manejar la ET
- Aumento en la disponibilidad de vehículos de recolección.
- Costos de transporte
- Costo de operación del equipo de recolección
- Costo de estación de transferencia: inversión de la infraestructura y la operación.
- Posibles rutas de reciclaje o centros de demanda del material reciclado
- El periodo de vida útil de los vehículos

#### **4.2.2.4 Cooperación con la Región.**

Este factor es de gran importancia en la implementación de una ET en el municipio ya que el único relleno sanitario cercano en esta zona es nuevo Mondoñedo. El poder ofrecer mejor alternativa de gestión a la región representa aumento en la calidad de vida de los pobladores y aumento en la prestación del servicio público en la región, esto significa poder brindar

cobertura a todo el sur del departamento de Cundinamarca (Fusagasugá, Chinauta, Pasca, Tibacuy).

De igual forma debe considerarse la inclusión de programas de selección, reciclaje y transformación de determinados componentes de los desechos sólidos como un soporte que, sin lugar a dudas, podrá generar el ingreso de divisas a la economía local. Este aspecto de aprovechamiento de los desechos, debe ser discutido con los miembros de la comunidad, comunicándoles todos los aspectos que se dan en estos tipos de actividad, positivos y negativos.

En líneas generales, la mayoría de los terrenos de Fusagasugá no son fácilmente cultivables, con lo cual la expansión de la frontera agrícola debe encontrar estrategias para aprovechamiento del suelo y prácticas intensivas de conservación de suelos. En el desarrollo de urbanizaciones que se está dando el municipio hacia las zonas rurales se debe tener en cuenta el trazado de vías y la utilización eficiente de los recursos asignados a la provisión de servicios públicos (POT, 2000).

### **4.3 PARÁMETROS TÉCNICOS PARA UNA ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA**

El tamaño físico de una estación de transferencia prevista se determina teniendo en cuenta los siguientes factores:

- La definición de la zona de servicio: Esta zona es el municipio de Fusagasugá.
- La cantidad de residuos generados en el área de servicio, incluyendo los cambios proyectados como el crecimiento demográfico, de urbanización y programas de reciclaje.
- Los tipos de vehículos que entregan los residuos.
- Los tipos de materiales que se transferirán (por ejemplo, residuos compactada frente residuos sueltos, incluyendo los residuos que se puedan tener por variaciones estacionales.
- Horarios de entrada para entrega de residuos
- Horario de salida para residuos hacia sitios de disposición final.
- Expectativas de crecimiento (poblacional / urbanístico) durante vida del proyecto
- Espacio requerido para almacenamiento de residuos en caso de contingencia

#### **4.3.1 MODELO DE COLAS O LINEAS DE ESPERA.**

Con este modelo se determinarán las medidas de desempeño de la ET así como el número de vehículos de transferencia requeridos, el tiempo de espera en cola para los vehículos recolectores, la eficiencia de la estación, etc.

El principio básico del modelo de cola es el siguiente: Un número de clientes (vehículos recolectores) que requieren el servicio se generan en un tiempo determinado. Estos clientes entran en el sistema de colas y se unen a una cola (fila). En el momento en el cual el cliente se le presta el servicio, este sale del sistema.

#### **4.3.1.1 Definición**

Para poder entender el modelo de colas se requiere conocer los siguientes términos (Paez J. t., 2014);

**Fuente de entradas:** característica de la fuente de entrada o población potencial es su tamaño. El tamaño es el número total de clientes que podría requerir el servicio, el número total de clientes potenciales distintos. Puede suponerse finita o infinita (de modo que se dice que la fuente de entrada es ilimitada o limitada). Si hay más de 30 clientes potenciales, se dice que la población es infinita. Otra regla empírica es que la suposición de una población infinita generalmente es válida cuando la población de clientes potenciales es lo suficientemente grande como para significar que la llegada de un cliente no afecta apreciablemente la posibilidad de otra llegada. Por lo que para esta situación la población potencial de los vehículos recolectores será tomada como infinita.

**Distribución de llegadas:** Los clientes que requieren el servicio se generan bajo una fuente de entrada, estos clientes entran al sistema de espera y se unen a una cola, estas llegadas se generan a través del tiempo bajo una distribución de probabilidad de Poisson.

**Tasa de llegada:** Número de clientes por periodo de tiempo que llegan al sistema para ser atendidos. El valor medio de la tasa de llegadas es  $L$  número esperado de vehículos recolectores por hora.

**Cola:** Una cola se caracteriza por el número máximo admisible de clientes que puede contener. Para este modelo se definirá como cola infinita dado que a ningún cliente se le niega el servicio y éste debe formarse en la cola.

**Disciplina de servicio:** La disciplina de la cola se refiere al orden en el que se seleccionan los miembros de la cola para que reciban el servicio, para este caso el primero en formarse en la cola es el primero en ser atendido.

**Diseño de la instalación de servicio:** El mecanismo de servicio consiste en uno o más medios de servicio, llamadas servidores, cuando todos los servidores ofrecen el mismo servicio se dice que la instalación tiene servicios paralelos, con lo cual es posible atender a tantos clientes en forma simultánea como número de servidores haya.

**Tiempo de servicio:** El tiempo que transcurre para un cliente, desde que se inicia el servicio hasta su conclusión en uno de los medios de servicio.

La distribución de probabilidad de los tiempos de servicio o tiempo entre salidas para cada servidor, se supone la misma para todos los servidores. Si la distribución de probabilidad del tiempo de servicio o entre llegadas (salidas) es exponencial, el número de llegadas (salidas) sigue una distribución de probabilidad de Poisson y viceversa.

**Tasa de servicio:** Número de clientes por periodo de tiempo a los cuales un canal de servicio puede suministrar el servicio requerido. Esta es la tasa que podría alcanzarse si el canal de servicio siempre estuviera ocupado, es decir sin tiempo ocioso.

**Estado del sistema:** Como cualquier sistema de colas opera como función del tiempo, tendremos condiciones transitorias o de estado estable. Cuando un sistema de colas acaba de empezar a funcionar, el estado del sistema (número de clientes en el sistema) se ve afectado en gran parte por el estado inicial y el tiempo que ha transcurrido desde entonces. Ahora se dice que el sistema se encuentra en una condición transitoria. Sin embargo, después que ha transcurrido bastante tiempo, el estado del sistema se vuelve independiente del estado inicial y del tiempo transcurrido. es decir, se encuentra en estado estacionario o estable.

#### 4.3.1.2 Planteamiento del Modelo

La notación considerada para este modelo es la siguiente:

- **S** = número de servidores, La consulta bibliográfica indica que lo más conveniente es contar con 2 tolvas ya que agiliza la operación de descarga de los recolectores y llenado de los vehículos de transferencia.
- **L** = tasa media de llegadas
- **M** = tasa media de servicio por servidor
- **N** = número de vehiculos en el sistema de colas
- **M<sub>prom</sub>** = tasa promedio de servicio en todo el sistema
- **P<sub>n</sub>** = posibilidad (en estado estable) de que hayan clientes en el sistema
- **P<sub>o</sub>** = probabilidad de que esté ocioso el sistema
- **L<sub>s</sub>** = número de clientes que se espera haya en el sistema

- $L_q$  = número de clientes que se espera haya en cola
- $t_s$  = tiempo de espera estimado en el sistema (tiempo en línea de espera más en servicio)
- $t_q$  = tiempo de espera estimado en la cola
- $F$  = factor de utilización para el medio de servicio, es decir la fracción esperada de tiempo en que el servidor está ocupado.
- $E$  = eficiencia del sistema, es decir, la fracción de capacidad de servicio del sistema que está siendo utilizada. Para este modelo se tomara eficiencia de 85% para cálculo.
- $t_r$  = tiempo de recorrido, se toma valor actual 4 hr.
- $T$  = tiempo de descarga de residuos

### Tiempos de servicio

El tiempo de servicio estimado en instalaciones de la Ciudad de México, es igual a 11.22 min, este tiempo considera las maniobras de acomodo en la tolva, la descarga de los vehículos recolectores y maniobras de salida, de igual manera involucra los tiempos empleados por vehículo de transferencia durante las maniobras para ubicarse en la tolva, así como los tiempos de despunte.

$$T = 0.187 \text{ hr} = 11.22 \text{ min.}$$

Donde  $T$  = tiempo

Tomando como base este dato se aumentara un 10% el valor como coeficiente de seguridad del tiempo de servicio.

$$T = 12,34 \text{ min}$$

### Tasa promedio de servicio en todo el sistema

El número de vehículos recolectores servidos por hora será:

$$M_{prom} = \frac{N}{S} \quad [\text{Ecuación 3}]$$

El número de vehículos(N) en el sistema de colas será el número de tolvas por el tiempo promedio de llenado;

$$N = S \left( \frac{60\text{min}}{T} \right) [\text{Ecuación 4}]$$

$$N = 2 \left( \frac{60\text{min}}{12,34\text{min}} \right) = 9.72 \text{ Vehiculos} = 10 \text{ vehiculos}$$

De la ecuación 3, podemos obtener que el promedio de vehículos que pueden ser atendidos ( $M_{prom}$ ) en cada tolva por hora será;

$$M_{prom} = \frac{9.72}{2} = 4.86 \text{ vehiculos por tolva}$$

Esto indica que el sistema puede atender 10 vehículos recolectores por hora, 5 vehículos en cada una de sus tolvas de entrada. Considerando la capacidad de un vehículo recolector de 4.5 ton, cada hora se generaran 45 Ton.

Si se requieren transferir 269,9 ton / día con vehículos que transportan 20 ton / viaje, el número de vehículos de transferencia será:

$$\frac{269,9 \frac{\text{Ton}}{\text{día}}}{20 \frac{\text{Ton}}{\text{viaje}}} = 13,495 \frac{\text{viajes}}{\text{día}}$$

Y cada vehículo puede realizar dos viajes al día, se requieren:

$$\frac{13,495 \frac{\text{viajes}}{\text{día}}}{2 \frac{\text{viajes}}{\text{día camión}}} = 6,74 = 7 \text{ vehiculos de transferencia}$$

### **Eficiencia**

Se considera una eficiencia real esperada para las estaciones de transferencia de 85%.

### **Tiempos de recorrido**

Los tiempos de recorrido varían en función del tráfico y la distancia a la que se encuentra el sitio de disposición final. Para el municipio de Fusagasugá esta distancia se encuentra a 65,6km, se considera que todos los vehículos tienen una velocidad constante aproximada de 60 km/hr el cual actualmente se hace en 4 hr.

### **Capacidad real**

Se define como capacidad real ( Cr) al número de vehículos recolectores a los cuales puede dar servicio en un día la estación. Tomando como base los modelos de líneas de espera y una eficiencia del 85%, la capacidad real de la estación será igual al número de vehículos recolectores que en una hora acepta la estación por la eficiencia de la estación por horas de trabajo diarias

$$C_r = N(E) * 8hr/dia \text{ [Ecuación 5]}$$

$$C_r = 9. (0.85) * \frac{8hr}{dia}$$

$$C_r = 61,2 \text{ Vehiculos recolectores/dia}$$

### Capacidad instalada ( $C_i$ )

Se define como el número de unidades que podría dar servicio una estación si trabajará al máximo rendimiento de sus instalaciones. Para esta capacidad se considera que la estación trabaja las 8 horas del día, con una eficiencia del 100%, por lo que la capacidad instalada será;

$$C_i = N(24) \text{ [Ecuación 6]}$$

$$C_i = 9.72 (8) = 77 \text{ vehiculos recolectores por dia}$$

### 4.3.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Una vez se ha identificado el sitio para la ubicación de la ET, un grupo interdisciplinar conformado por arquitectos e ingenieros deben desarrollar las *facilities* o servicios de apoyo del lugar, que incluyen los puntos de acceso, caminos, edificios, estacionamientos, servicios públicos, drenajes, vallas, terrenos adyacentes y paisajismo requerido para la construcción de la instalación.

La construcción de la instalación de ET involucra actividades que son comunes a una instalación industrial. Las instalaciones incluyen como componentes principales:

- **Entradas y salidas viales:** carriles de aceleración y desaceleración en vía pública/rural, puntos de acceso de vehículos y visitantes.
- **Rutas de ingreso:** Construcción o mejora de rutas de acceso a ET para tráfico pesado.

- **Áreas de espera o fila:** carriles en los que los camiones esperaran su turno para carga y descarga.
- **Bascula:** área de pesado de vehículos de entrada y salida
- **Edificio administrativo:** área para las oficinas, baños, comedores.
- **Área de parqueo:** área para estacionamiento de vehículos visitantes.
- **Área para futura expansión:** área adyacente a la construcción principal para futuras ampliaciones
- **Área *buffer*:** espacio abierto natural para reducir el impacto en la comunidad.

#### 4.3.2.1 Viabilidades exteriores

Se conoce como viabilidades exteriores a aquellos accesos y caminos requeridos para el ingreso a la ET. Debido a que el terreno destinado para la ubicación permite la actividad industrial, y se encuentra lo suficientemente cerca de la vía principal panamericana-que permite el tránsito pesado- se debe ampliar y mejorar el camino veredal, para permitir el tránsito de los camiones.

El camino veredal tiene un ancho de 5 metros por 2km hasta el ingreso a la zona. Este camino es irregular y contiene zonas de curvas y pendiente. (Figura 15)



**Figura 15.** Caminos vereda San Antonio, Fusagasugá

#### **4.3.2.2 Capacidad Vehicular**

La capacidad vehicular en las proximidades de la Estación de Transferencia de residuos sólidos debe ser considerada para determinar el impacto vehicular que se tendrá en la zona.

#### **4.3.2.3 Señalización.**

Debido a que la zona destinada para la instalación de la ET se encuentra en una zona rural, se debe considerar el camino de acceso actual y el tipo de señalamiento vertical requerido. La señalización se debe ajustar al Manual de señalización vial del Ministerio de Transporte Colombiano.

Dentro de la instalación se debe hacer uso de señalización tanto vertical como horizontal. La señalización horizontal demarcada en las vías internas servirá para regular el tránsito dentro de la instalación. Las señales de tránsito horizontales más importantes son: línea amarilla (doble sentido de circulación), línea blanca (circulación en el mismo sentido, cebras (paso de peatones), triángulos de ceda el paso, líneas paralelas que permiten el paso peatonal, línea antibloqueo, resaltos, entre otros.

Algunos ejemplos de la señalización requerida pueden ser: señales de vuelta continua, no paso de frente, paso peatonal, restricción de velocidad, incorporación a vialidad próxima, otros ejemplos se muestran en la Figura 17 16 y Figura 17.

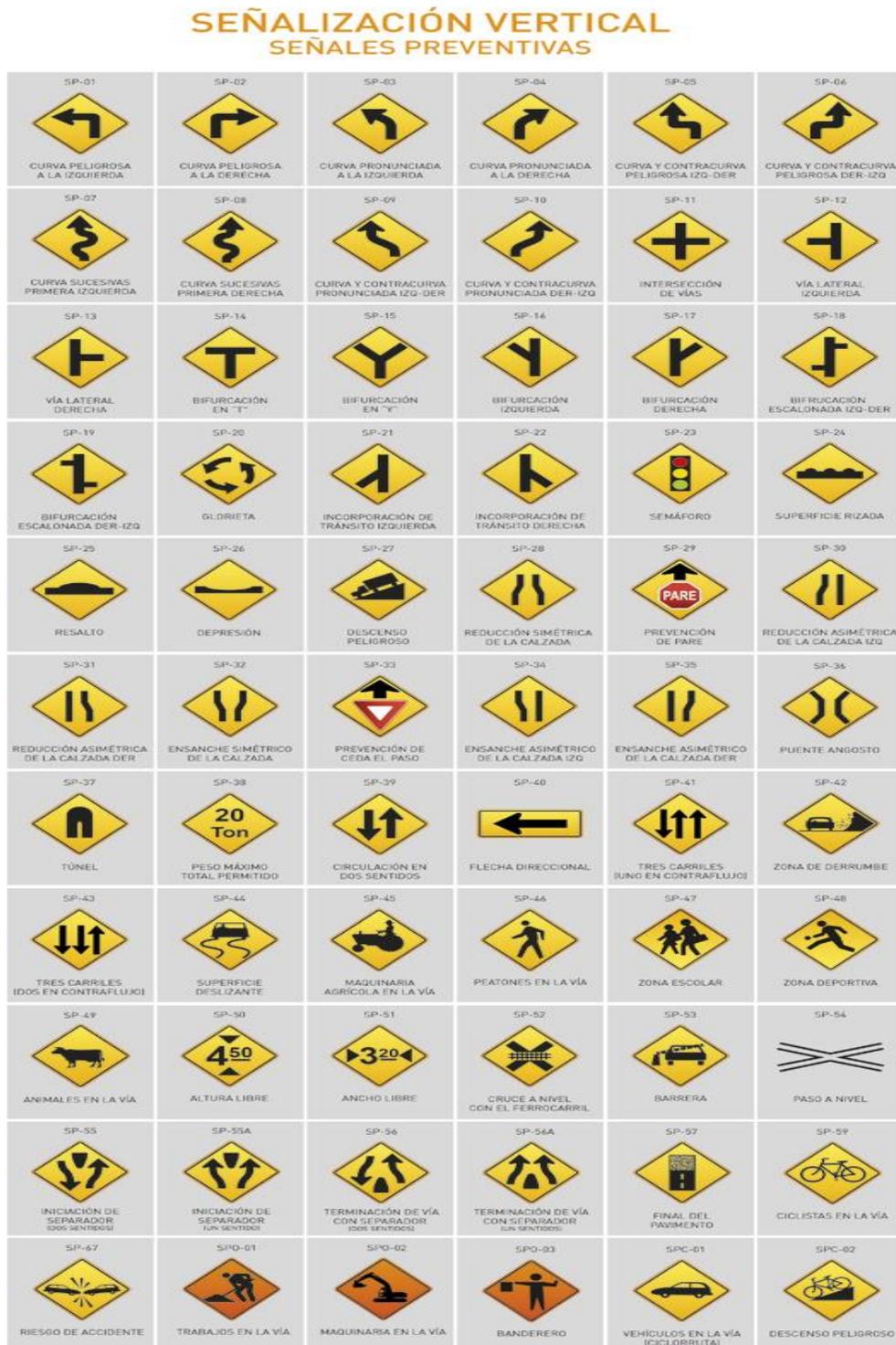


Figura 16. Señalización vertical preventiva

Fuente: <http://www.sura.com/blogs/autos/senales-transito-abc.aspx>

## SEÑALIZACIÓN VERTICAL SEÑALES REGLAMENTARIAS

SR-01  PARE	SR-02  CEDA EL PASO	SR-03  SIGA DE FRENTE	SR-04  NO PASE	SR-05  GIRO A LA IZQUIERDA SOLAMENTE	SR-06  PROHIBIDO GIRAR A LA IZQUIERDA
SR-07  GIRO A LA DERECHA SOLAMENTE	SR-08  PROHIBIDO GIRAR A LA DERECHA	SR-10  PROHIBIDO GIRAR EN "U"	SR-11  DOBLE VIA	SR-12  TRES CARRILES JUNO EN CONTRAFLUJO	SR-13  TRES CARRILES IDOS EN CONTRAFLUJO
SR-14  PROHIBIDO EL CAMBIO DE CALZADA	SR-16  CIRCULACIÓN PROHIBIDA EN VEHÍCULOS AUTOMOTORES	SR-17  VEHÍCULOS PESADOS A LA DERECHA	SR-18  CIRCULACIÓN PROHIBIDA DE VEHÍCULOS DE CARGA	SR-19  PEATONES A LA IZQUIERDA	SR-20  CIRCULACIÓN PROHIBIDA DE PEATONES
SR-21  CIRCULACIÓN PROHIBIDA DE CABALGADURAS	SR-22  CIRCULACIÓN PROHIBIDA DE BICICLETAS	SR-23  CIRCULACIÓN PROHIBIDA DE MOTOCICLETAS	SR-24  CIRCULACIÓN PROHIBIDA DE MAQUINARIA AGRÍCOLA	SR-25  CIRCULACIÓN PROHIBIDA DE VEHÍCULO DE TRACCIÓN ANIMAL	SR-26  PROHIBIDO ADELANTAR
SR-28  PROHIBIDO PARQUEAR	SR-28A  NO PARQUEAR NI DETENERSE	SR-29  PROHIBIDO PITAR	SR-30  VELOCIDAD MÁXIMA	SR-31  PESO MÁXIMO TOTAL PERMITIDO	SR-32  ALTURA MÁXIMA PERMITIDA
SR-33  ANCHO MÁXIMO PERMITIDO	SR-34  ZONA DE ESTACIONAMIENTO DE TAXIS	SR-35  CIRCULACIÓN DE LUCES BAJAS	SR-36  RETÉN	SR-37  CICLOVÍA	SR-38  SENTIDO ÚNICO DE CIRCULACIÓN
SR-39  SENTIDO DE CIRCULACIÓN DOBLE	SR-40  PARADERO	SR-41  PROHIBIDO DEJAR O RECIBIR PASAJEROS	SR-42  ZONA DE CARGUE Y DESCARGUE	SR-43  PROHIBIDO EL CARGUE Y DESCARGUE	SR-44  ESPACIAMIENTO
SR-45  INDICACIÓN DE SEPARADOR A LA IZQ	SR-46  INDICACIÓN DE SEPARADOR A LA DER	SR0-01  VÍA CERRADA	SR0-02  DESVÍO	SR0-03  PASO UNO A UNO	SRC-01  CONSERVE SU DERECHA
SRC-02  DESCENSO OBLIGADO	SRC-03  CIRCULACIÓN NO COMPARTIDA	SRC-04  CIRCULACIÓN PROHIBIDA DE MASCOTAS			

Figura 17. Señalización vertical reglamentaria.

Fuente: <http://www.sura.com/blogs/autos/senales-transito-abc.aspx>

#### **4.3.2.4 Viabilidades exteriores**

##### **Carriles de ingreso y salida**

Se refiere a la vía por donde ingresan y salen de la estación de transferencia los vehículos recolectores y de transferencia. La finalidad de estas vías es la de no entorpecer la circulación de la vía veredal con vehículos sobre la vía a la espera de ingreso a la instalación o que tengan que ejecutar maniobras peligrosas para la salida. El ancho del carril será de 4.0 m. que es el ancho máximo que se da para vehículos de transferencia. La longitud recomendada será de 100 m. considerando una velocidad de ingreso de 30km/hr.

Es importante también considerar que si se deben diseñar curvas estas deben ser diseñadas con el mayor radio de giro para los vehículos de transferencia.

##### **Rampas**

Las pendientes de las rampas de acceso y salida de la estación de transferencia, tanto para vehículos recolectores como de transferencia, deberán ser inferiores al 5% el cual es considerado para este proyecto como un valor máximo para la pendiente de una rampa. No es conveniente emplear pendientes mayores, debido a que los vehículos recolectores van llenos a un 90% de su capacidad con lo cual se aumenta el riesgo de derrames de residuos y mayor esfuerzo del vehículo en el acceso aumentando la emisión de gases vehiculares dentro de la estación.

El ancho de las rampas de acceso y salida para vehículos recolectores será de 4 m, las cuales contarán con 2 carriles para evitar detenciones en la operación de la estación por la descomposición o parado de algún vehículo.

Actualmente el municipio cuenta con 8 carros recolectores, 1 volqueta y 1 motocarro que facilitan la recolección de los residuos sólidos de los 33.376 usuarios con los que cuenta EMSERFUSA E.S.P. Los recorridos para los vehículos inician desde las 2 a.m. en las zonas donde se concentran mayores índices de desechos del municipio. Los residuos sólidos producidos en la plaza de mercado y los originados en el barrido de calles y áreas públicas, se recogen dentro de recorridos normales todos los días. Los sectores establecidos en la zona urbana son atendidos tres veces por semana.

A continuación se presenta el informe del parque automotor reportado por la empresa EMSERFUSA E.S.P en su informe de gestión 2014 (Tabla 8);

**Tabla 8.** Vehículos recolectores empresa EMSERFUSA. E.S.P

TIPO VEHICULO	ESTADO	COMBUSTIBLE	CONSUMO MENSUAL (Galones)	CAPACIDAD ( Ton)
Recolector Freightliner Placa OFA 033	Bueno	Diésel	908,3	16
Recolector Chevrolet Placa SMB 681	Bueno	Diésel	826,9	14
Recolector Chevrolet Placa SMB 682	Bueno	Diésel	1024,5	14
Recolector Chevrolet Placa OIE 364	Bueno	Diésel	1055,6	10
Recolector Chevrolet Placa OIE 368	Bueno	Diésel	741,3	12
Recolector	Bueno	Diésel	1152,5	14

Freightliner Placa ODR 386				
Recolector Chevrolet Placa THV 183	Bueno	Diésel	828,3	18

#### 4.3.2.5 Zona de Pesaje.

La función de esta zona es llevar el registro y pesaje de los vehículos que ingresan y salen de la ET. Esta zona se localiza en el acceso principal ocupando con área promedio de 20 m<sup>2</sup> para la instalación de una caseta y un servicio sanitario. El pesaje de los vehículos se debe dar en la plataforma, las básculas pueden pesar hasta 200ton. Una báscula ideal para el tamaño del proyecto sería hasta 70 Ton. (Figura 18)



**Figura 18.** Báscula de pesado para camiones en ET.

Fuente: <http://www.basculascamioneras.com/bascula-camionera-sin-fosa.html>

#### 4.3.2.6 Zonas administrativas

### **Zona de Estacionamiento**

Esta zona está destinada al estacionamiento de vehículos de visitantes y empleados de forma que no se utilicen las zonas de tránsito vehicular pesado para otro tipo de actividades.

### **Edificio Administrativo**

Esta área corresponde a las oficinas administrativas requeridas, el área que se estipula usar es de 100m<sup>2</sup> en las cuales se ubicaran zonas tales como: vestuarios, sanitarios, archivo, recepción, oficinas, salas de reuniones.

#### **4.3.2.7 Zona de Descarga**

##### **Patio de maniobras**

El patio de maniobras es el área total de la zona de descarga y recolección de residuos, es decir, de la ET como tal. La dimensión de esta zona es función de las líneas de servicio de la ET, en este caso 2.

Diferentes fuentes sugieren que para 2 líneas de servicio el área mínima debe ser de 170m<sup>2</sup>. (Leandro, 2003) Sin embargo, para el desarrollo de este trabajo, se tomará el cálculo requerido por la *US EPA, Waste Transfer Stations: A Manual for Decision-Making*, desarrollada en el numeral 4.2.8.2.

El patio de maniobras de ser un área cerrada para evitar la dispersión de olores y residuos y su diseño se debe incluir;

- Techo liviano y en materiales no combustibles que impidan el ingreso de agua lluvia y altura suficiente para permitir el ingreso de vehículos y la dispersión de olores y gases con extractores de aire
- Una investigación geotécnica para estructuras de cimentación
- Placa de concreto que resista el peso de los residuos y con capacidad de aislar todas las posibles filtraciones de los mismos hacia el suelo de forma que sea fácilmente lavable.
- Uso de materiales resistentes a la abrasión
- Cumplir con los requerimientos legales de iluminación, carga de fuego, códigos eléctricos, entre otros.

### **Área total.**

Esta es el área donde los vehículos recolectores realizan las maniobras de descarga de los residuos sólidos acumulándolos cerca del muro de contención de residuos, para ser depositados mediante una pala mecánica en las tolvas y luego en los vehículos transportadores.

Un método simple para calcular el tamaño del área determinado por la US EPA, Waste Transfer Stations: A Manual for Decision-Making, comienza con un área de 400 m<sup>2</sup> y sugiere adicionar 1,8 m<sup>2</sup> por cada ton de residuos recibidos por día. De modo que el área sería:

$$400 \text{ m}^2 + 1.8 \text{ m}^2 (\text{ton/día máximo que recibirá}) = \text{área requerida [Ecuación 6]}$$

$$400\text{m}^2 + 1.8 (269.9 \text{ Ton/ día}) = \mathbf{885,82\text{m}^2}$$

**Nota:** el valor de 269.9 Ton/ día corresponde a la cantidad de residuos generados para el año 2046, según proyección del municipio mostrada en Tabla 5. **Proyección producción per cápita de residuos en el municipio de Fusagasugá.**

Esta es el área total que requiere la instalación para poder recibir la proyección de residuos para 2046 del municipio.

#### **4.3.2.7 Cerco perimetral y barrera visual.**

Por medio de este cerco se busca reducir el impacto visual de la instalación en el área rural y brindar seguridad a la propiedad a través de una barrera de aislamiento forestal que no solo mejora la apariencia estética de la ET sino que permite la sinergia con el paisajismo de la zona.

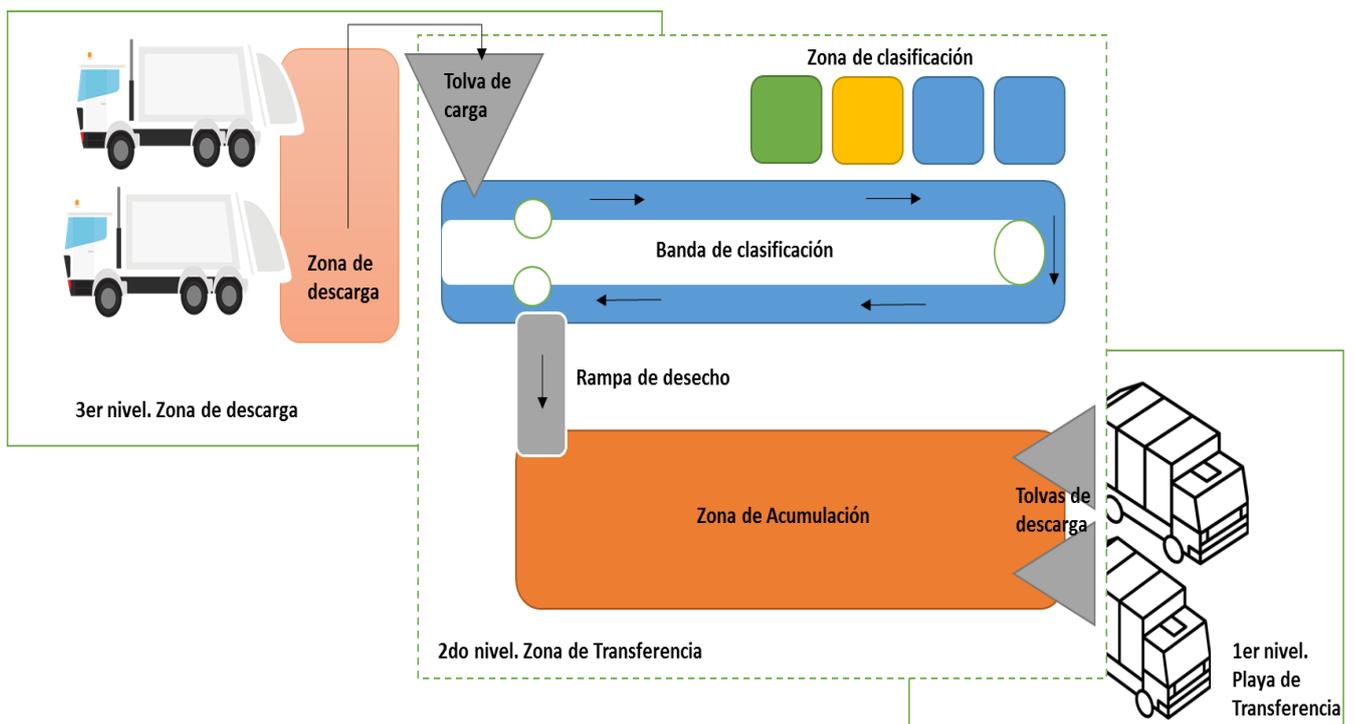
#### **4.4 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTACION DE TRANSFERENCIA PARA EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ.**

La Estación de Transferencia de carga directa más un área de acumulación, permite la carga directa de los residuos sólidos a los camiones de transferencia, así como la acumulación de residuos sólidos ante la imposibilidad de que sean descargados en un camión de transferencia.

El sistema diseñado cuenta con las siguientes operaciones unitarias (Figura 19)

- **Pesaje:** Los equipos recolectores son identificados y pesados al ingresar a la planta.
- **Descarga:** el vehículo recolector sube la rampa hasta la playa de descarga superior donde se descargan los residuos.
- **Clasificación:** Los residuos pasaran a una rampa de clasificación de residuos en aprovechables y no aprovechables, los aprovechables pasaran a la zona de almacenamiento.

- Almacenamiento: zona a la que se dirigen los residuos aprovechables
- Acumulación: los residuos no aprovechables son acumulados en la zona de aislamiento y llevados a la zona de transferencia
- Transferencia: Los vehículos de transferencia ubicados en la zona inferior, reciben los residuos que se encuentran en el área de acumulación



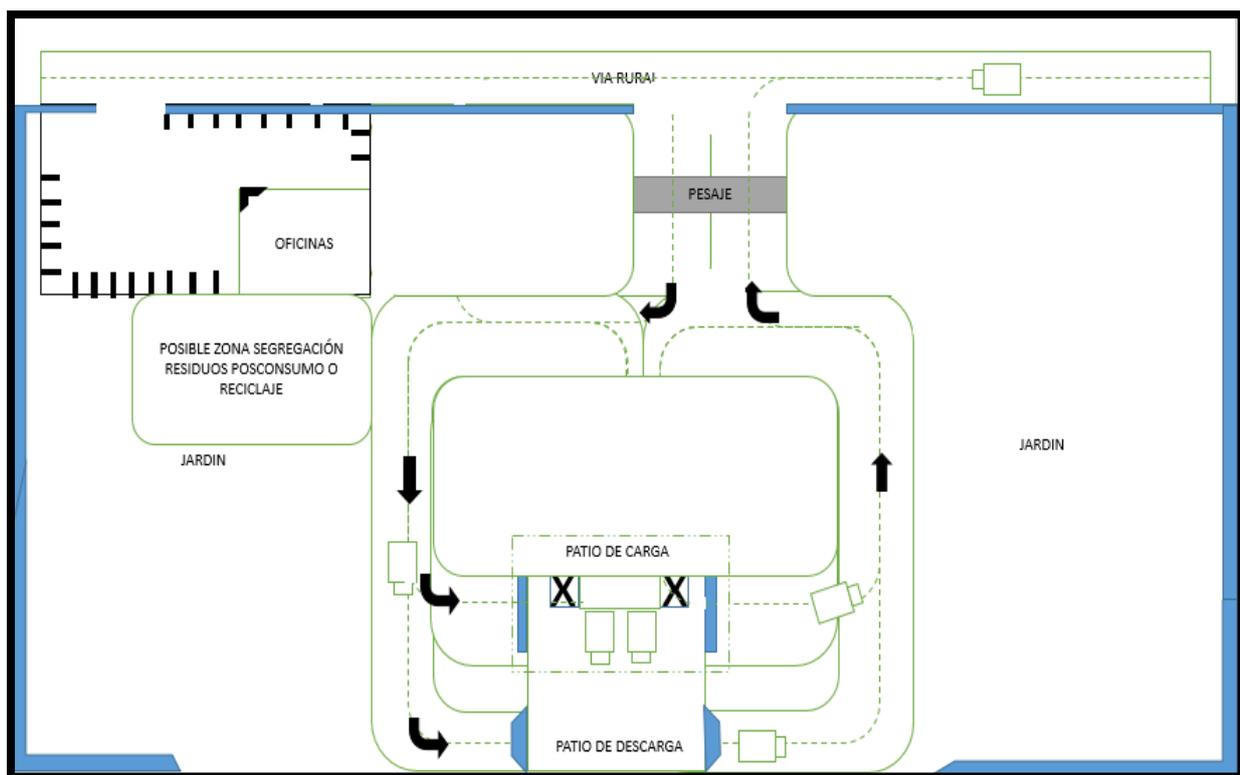
**Figura 19.** Operaciones de la ET para el municipio de Fusagasugá.

#### 4.4.1 ESPECIFICACIONES

A continuación se encuentran las especificaciones de la ET para el municipio:

- Capacidad total de la ET: 269,9 Ton/ día – 8.097Ton/mes
- Área de transferencia: 885,82 m<sup>2</sup>
- Área total: 3.20 Ha
- 2 líneas de servicio

- Cubo de maniobras vehicular de 40m de largo x 22,14m de ancho
- Área administrativa de 100m<sup>2</sup>
- Eficiencia de 85%
- Atención de 5 Vehículos / hora en promedio por cada tolva.
- Cubículo de pesaje de 20m<sup>2</sup>
- Área de estacionamiento
- 2 carriles de Ingreso y de salida de 4 mt cada uno
- 7 Tracto camiones de transferencia de 20 Ton de capacidad
- 3 niveles: 1er nivel descarga, 2do nivel: clasificación de material, 3er nivel: Zona de descarga y transferencia



**Figura 20.** Esquema ET Fusagasugá.

#### 4.4.2 EQUIPO DE TRANSFERENCIA

Considerando las características generales con que normalmente cuentan todos los equipos de transferencia, se sugiere la utilización de vehículos de transferencia con caja abierta de 20 Ton de capacidad. El equipo de transferencia debe entonces componerse de un tracto camión y su respectiva carrocería que sería un remolque de caja abierta, que permite la descarga de hasta 4 vehículos recolectores (máximo de vehículos en el municipio). Este sistema no cuenta con sistema de compactación, por lo tanto, el peso volumétrico de los residuos es bajo.

Con la capacidad de llenado de los vehículos de transferencia se requieren 2 vehículos de transferencia para transportar la generación actual diaria de residuos del municipio ( 74Ton/ día). Para el diseño de la ET se requieren 7 camiones de transferencia para transportar la generación de residuos proyectada, esto debido a que cada camion tiene la posibilidad de hacer **máximo** 2 viajes ida y regreso por día al relleno sanitario.



**Figura 21.** Ejemplo tracto camión de transferencia

**Fuente:** [www.tucarro.com.co/vehiculosenventa](http://www.tucarro.com.co/vehiculosenventa)

Especificaciones:

- 4 ejes

- Capacidad de transporte: 20 Ton de residuos, suponiendo una densidad de residuos a granel de 0,35 Ton/ m<sup>3</sup>. Se debe verificar en la implementación las restricciones de peso por eje en el tránsito de vehículo pesado por vía nacional, estas restricciones obedecen a especificaciones técnicas de cada tipo de vehículo para ello se recomienda ver la Resolución 2888 / 2005 Ministerio de Transporte, Colombia.
- Capacidad volumétrica 57 m<sup>3</sup>aproximadamente. La densidad debe verificarse en la implementación ya que depende de las características de los residuos y su nivel de compactación.
- Largo: 2.6 metros
- Ancho: 2.4 metros
- Alto: 7 metros

#### **4.5. MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL**

Para la aplicación de las medidas necesarias en el control ambiental, es necesario que un grupo interdisciplinario, identifique y evalúe los impactos ambientales asociados a la instalación de una ET en el área urbana a través de la elaboración de un de Estudio de Impacto Ambiental - EIA-.

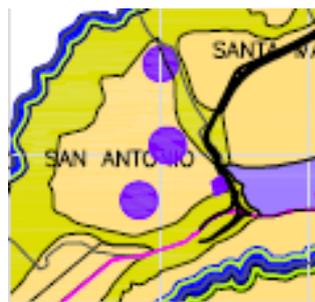
El presente capítulo presenta una evaluación preliminar de los impactos ambientales y las medidas de manejo ambiental generales asociados a la instalación de la ET en el área de estudio, estas medidas de manejo pueden ser modificadas y más específicas en el desarrollo del EIA.

##### **4.5.1 ÁREA DE ESTUDIO.**

El primer aspecto que se debe tener en cuenta para determinar los impactos ambientales asociados a la instalación de una ET, es la delimitación del área de influencia en la cual se deberán considerar los componentes naturales y sociales, susceptibles de ser modificados. Para establecer el área de estudio se deben tener claro tres conceptos:

- **Área de influencia directa:** área que, por las actividades del proyecto, se puede ver afectada fuera de los límites de la obra. Para la instalación de la ET el área de influencia directa es la vereda San Antonio.
- **Área de proyecto:** área de ubicación del proyecto, este es el lote 2 de 3,20 Ha
- **Área de influencia indirecta:** zonas alrededor del área de influencia directa que son impactadas indirectamente por la ejecución del proyecto. Para el área del proyecto el área de influencia indirecta está compuesta por: vereda Santa María y el límite sur de ciudad de Fusagasugá.

La Figura 22, presenta el área de estudio.



**Figura 22.** Área de estudio.

**Fuente:** POT Fusagasugá, Mapa 4

#### 4.5.2 IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS E IMPACTOS AMBIENTALES

Impacto ambiental es el efecto que las actividades del proyecto causan en el ambiente natural y social, estos impactos pueden ser de carácter positivo o negativo,

Las metodologías existentes para evaluación, van desde las más simples que exponen los principales impactos, hasta aquellas más complejas en las que se da una visión global de la magnitud del mismo. Las más frecuentemente utilizadas son:

- Lista de chequeo: son formatos preestablecidos que permiten realizar un primer inventario o verificación de los impactos generados por un proyecto. Según Conesa (2010), son un método de identificación muy simple, por lo que se usa para evaluaciones preliminares. Sirven primordialmente, para llamar la atención sobre los impactos más importantes que puedan tener lugar, como consecuencia de la realización del proyecto.
- Diagramas de flujo: permiten establecer relaciones de causalidad entre la acción propuesta y el medio afectado. Es utilizada para definir impactos indirectos.
- Matrices causa-efecto: Las matrices causa-efecto son métodos de valoración cualitativa que relacionan acciones vs consecuencias ambientales, son muy útiles para valorar las diversas alternativas de un mismo proyecto. Usualmente la matriz contiene dos entradas: las acciones impactantes (agrupadas por fases) y los factores ambientales que pueden ser afectados. Dentro de esta metodología la matriz de Leopold es la más conocida y la primera metodología que se utiliza para los EIA.

Para realizar la identificación y evaluación de los posibles impactos se requiere el uso de métodos cualitativos y cuantitativos con la finalidad de reforzar la información obtenida en cualquiera de ellos.

A continuación se describen cada uno de los aspectos ambientales asociados a la instalación de la ET identificados.

### **Generación de Efluentes.**

La generación de efluentes está asociada a las actividades de oficina por uso de baños, agua de lavado de área de descarga, lixiviados que se puedan generar en el área de descarga, fugas de lixiviados de contenedores. Estos efluentes se caracterizan por su alto contenido en materia orgánica, sólidos suspendidos y posible presencia de metales. Para disminuir el impacto que estos efluentes pueden tener sobre el ambiente el piso de la explanada debe contar con una inclinación que dirija los efluentes hacia una fosa de descarga, en la cual se acumulen este tipo de efluentes para ser gestionados a través de una empresa autorizada.

### **Generación de olores.**

La generación de olores está asociada a la descomposición anaerobia de los residuos. Estos olores se encuentran asociados a las actividades que se desarrollan en el área de transferencia, especialmente en la descarga de residuos. Teniendo como impacto ambiental, la alteración de la calidad del aire por olores molestos u ofensivos a vecinos y trabajadores.

Los parámetros que influyen en la generación de olores y que deben ser considerados son:

- Tipos de residuos (orgánicos, plásticos, cartón, u otros como por ejemplo animales muertos)
- Tiempo de permanencia de los residuos en el lugar.
- Características del contenedor de residuos:

- Temperatura local: promedio mensual de 20°C
- Dirección del viento: los datos estadísticos relevan que corrientes calidad de aire fluyen en sentido sur-occidente desplazándose hacia el cañón del río Cuja. La velocidad del viento promedio es de 1m/seg a las 7:00 horas a las 13:00 horas de 2,7 m/seg y a las 19 horas de 1,1mts/seg. (Alcaldía Fusagasugá, 2010)
- Distancia de las viviendas más cercanas desde el límite del predio en la vía rural hasta entrada al predio 500mt.

### **Generación de ruido.**

Durante la fase de construcción del proyecto, las emisiones sonoras se generarán por la construcción de la infraestructura civil y el movimiento de maquinaria. En la etapa de operación las emisiones estarán relacionadas con el funcionamiento de la maquinaria mecánica y el tránsito de camiones. El impacto ambiental generado es el aumento de los niveles sonoros del ambiente pudiendo provocar molestias a la población cercana.

El aumento del nivel del ruido local debido a la operatividad del proyecto se puede mitigar a través de la creación de cercas naturales en el predio de la ET. Para mitigar los impactos ambientales asociados se debe prohibir la operación de construcción en horario nocturno y en etapa de operación se debe realizar el mantenimiento a vehículos según lo establecido por el Decreto 601 de 2006, y realizar seguimiento a este cumplimiento.

### **Presencia física.**

La implantación de una ET en la zona implica la construcción de diversa infraestructura, movimiento de suelo e instalación de servicios (agua, luz, alcantarillado)

El aumento de la presencia física se debe mitigar a través del desarrollo de planes de inclusión social con la comunidad.

### **Modificación del Paisaje.**

En la construcción y operación de una ET, se puede generar afectación al paisaje y cambio en el uso del suelo. Como consecuencia los impactos ambientales que pueden generarse son:

- Cambios en el uso del suelo
- Afectación al paisaje
- Devaluación de valor de predios vecinos.

Debido a que la afectación al paisaje será percibida por los habitantes de la zona del entorno inmediato se deben contemplar:

- Instalar cercos vegetales dentro del predio de modo que se impida la visualización de las instalaciones desde viviendas cercanas.
- Mitigar el contraste utilizando colores que se armonicen con el entorno (gama de verdes)

### **Voladores y vectores**

Todas las actividades que involucran la descarga y manipulación de residuos implican un riesgo de diseminación de residuos por arrastre de viento. Las voladuras de los residuos no solo crean impactos sobre el medio físico, sino que afectan la percepción social.

Los impactos relacionados a este aspecto ambiental son:

- Riesgo sanitario por proliferación de vectores
- Deterioro paisajístico por la presencia de voladores.

- Percepción social negativa

Dentro de las actividades que se desarrollan en la ET la voladura de residuos está asociada con la descarga de residuos hacia el contenedor. Para evitar voladuras se establece que se requiere un recinto techado de paredes cerradas, para que de este modo disminuya la probabilidad de voladura de residuos al exterior en la zona de plataforma.

Como medida ambiental, se debe establecer además del cerco perimetral alambrado un cerco vegetal que logre mitigar el ruido que pueda producirse y retener bolsas o residuos que puedan ser arrastrados por el viento.

La proliferación de vectores está asociada a la presencia de los residuos animales. Con lo cual se deben instalar trampas para roedores en las exteriores de la edificación a fin de evitar la proliferación de estos.

Para mitigar el impacto social que la presencia de una ET genera, se debe crear un plan de trabajo con la comunidad en la que sean incluyentes las generaciones de trabajo, manejo de residuos, paisaje, etc.

### **Emisiones gaseosas**

La emisión de gases está asociada al tránsito vehicular, los vehículos de transferencia y recolectores generan emisión de partículas contaminantes a la atmosfera así como polvo y material particulado (MP) a la atmosfera. Estas emisiones van a ser generadas en la etapa de construcción y operación de la ET.

Para mitigar el impacto ambiental asociado a esta actividad se deben generar actividades de riego de vías y mantenimiento preventivo vehicular.

### **Contingencias Ambientales.**

Las contingencias ambientales identificadas asociadas a la instalación de una ET son:

- Derrames de combustibles en la zona de carga y descarga de camiones.
- Accidente vial con rotura de camión que transporta residuos en vía pública.
- Vuelco de un contenedor durante maniobras de traspaso de material
- Vuelco de camión en vía publica

Estas contingencias pueden generar voladura de residuos, daños reputacionales, derrame de lixiviados. Los impactos ambientales asociados a estos aspectos serian:

- Contaminación del suelo por contacto con lixiviado
- Afectación paisajística debido a la diseminación de residuos.
- Generación de olores
- Proliferación de vectores
- Incendio en centro de acopio.
- Transito Inducido

La

Tabla 9, describe los impactos ambientales más comunes para la instalación de una ET.

**Tabla 9.** Impactos ambientales ET.

<b>ETAPA DE CONSTRUCCIÓN</b>	<b>ETAPA OPERACIÓN</b>	<b>ETAPA DE CIERRE</b>
Transito inducido	Transito inducido	Recuperación/ aumento de cobertura vegetal.
Pérdida de capa de suelos por remoción	Aumento en la demanda de recursos	Generación de residuos peligrosos, inertes, ordinarios.
Pérdida de cobertura vegetal	Aumento en la presión del recurso hídrico	
Aumento de la presencia física	Aumento de la presencia física	
Modificación del paisaje	Aumento de presencia de vectores y voladores	
Aumento en la demanda de recursos naturales no renovables por consumo de combustibles	Aumento en la demanda de recursos naturales no renovables por consumo de combustibles	
Aumento en la demanda de recursos por consumo de material pétreo	Aumento en la demanda de recursos por consumo de material pétreo	
Generación de residuos peligrosos, inertes, ordinarios.	Generación de residuos peligrosos, inertes, ordinarios.	
Alteración de la calidad del aire por emisiones de polvo y material particulado.	Alteración de la calidad del aire por emisiones de polvo y material particulado.	

Contaminación del aire por emisiones de gases de combustión vehicular	Contaminación del aire por emisiones de gases de combustión vehicular.	
Alteración de biodiversidad por aumento de presencia en zonas rurales.	Presión sobre el recurso hídrico por generación de efluentes.	
Contaminación del aire por generación de ruido o emisiones sonoras	Contaminación del aire por generación de ruido o emisiones sonoras	
Contingencias ambientales	Contingencias ambientales	

Nota: El consumo de material pétreo es debido al consumo requerido para mantenimiento y mejora vial.

### 4.5.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El objetivo principal de un plan de manejo ambiental es definir las herramientas de gestión ó medidas de manejo ambiental, necesarias para asegurar que los impactos de las actividades llevadas a cabo en cada una de las etapas del proyecto de instalación de la ET sobre los componentes del medio físico, biótico y socioeconómico, sean prevenidos, controlados, mitigados o compensados.

#### 4.5.3.1 Medidas de Manejo Ambiental

Las medidas de manejo ambiental consideran los siguientes parámetros:

- Objetivos
- Etapa de aplicación de las actividades
- Impactos ambientales y/ o sociales asociados

- Tipo de medida
- Acciones a desarrollar/ tecnologías utilizadas
- Indicadores de seguimiento y monitoreo
- Servicios ecosistémicos con los que se relaciona

En la Tabla 10, se presenta un resumen de las fichas de manejo ambiental, monitoreo y seguimiento que se desarrollaron para el presente proyecto, y las cuales incluyen las medidas para controlar, prevenir, mitigar o compensar los impactos identificados. En ocasiones, la formulación de una medida no necesariamente se aplicará a un impacto, pues existen casos en que una sola medida puede emplearse para más de un impacto.

**Tabla 10.** Fichas de manejo ambiental para ET en el municipio de Fusagasugá.

MEDIO	FICHA DE MANEJO
FÍSICO	Manejo y aprovechamiento de agua lluvia
	Manejo de aguas residuales domésticas
	Manejo de material particulado y gases
	Manejo de olores
	Manejo de ruido
	Manejo de sustancias químicas
	Manejo de vías, caminos y accesos (red de movilidad)
	Manejo de residuos sólidos.
BIÓTICO	Manejo de flora
	Manejo de fauna
SOCIOECONÓMICO	Plan de gestión social.
	Contratación de mano de obra no calificada

A continuación se relacionan las 12 medidas de manejo para cada recurso ambiental que interactuará con las actividades de la ET.

## Manejo y aprovechamiento de agua lluvia

MANEJO Y APROVECHAMIENTO DE AGUA LLUVIA				
<b>OBJETIVOS:</b> - Controlar el impacto generado por el agua lluvia sobre el suelo como factor que potencia procesos erosivos. - Aprovechar el agua lluvia como fuente de abastecimiento alterna de agua para el desarrollo de las actividades de la instalación.				
ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES				
<input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN <input type="checkbox"/> CIERRE				
IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES ASOCIADOS				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de capa de suelos por remoción en etapa de construcción</li> <li>• Activación y aceleración de procesos erosivos y de remoción en masa en etapa de construcción</li> <li>• Presión sobre el recurso hídrico por consumo de agua en etapas de construcción y operación</li> </ul>				
TIPO DE MEDIDA				
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Compensación
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control		Rehabilitación / Restauración
ACCIONES A DESARROLLAR / TECNOLOGÍAS UTILIZADAS				

### **1.Recolección de agua a través de los techos**

En donde se requiera y las condiciones lo permitan, se deben implementar canaletas en los techos como medio para recolectar y conducir el agua lluvia hacia tanques de almacenamiento para uso de agua para jardinería, emergencias y actividades de limpieza.

### **2. Cuantificación de agua lluvia aprovechada**

Si la lluvia se considera una fuente de suministro de agua, es necesario llevar un registro de la cantidad recolectada. Para ello los tanques deberán contar con medidores de caudal a fin de determinar la cantidad de agua lluvia utilizada en las actividades anteriormente descritas.

### **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

**Regulación:** Regulación de flujos de agua, protección del suelo contra la erosión.

**Manejo de aguas residuales domésticas.**

<b>MANEJO DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS – ARD.</b>					
<b>OBJETIVOS:</b>					
-Evitar la contaminación de las fuentes de agua superficial y subterránea por manejo inadecuado de ARD					
<b>ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>					
<input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN <input type="checkbox"/> CIERRE					
<b>IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES ASOCIADOS</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de calidad de agua superficial y subterránea por descarga de ARD, aporte de sólidos, derrames y otros compuestos</li> <li>• Alteración en la diversidad biológica por descarga de ARD</li> <li>• Generación de problemas a la salud a la comunidad</li> </ul>					
<b>4. TIPO DE MEDIDA</b>					
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Compensación	
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración	
<b>ACCIONES A DESARROLLAR/ TECNOLOGÍAS UTILIZADAS</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b><u>Manejo de aguas residuales domésticas</u></b></li> <li>• Para la etapa de construcción, se deben ubicar baños portátiles o unidades sanitarias que no generen vertimiento al suelo o al agua. La disposición final de los residuos resultantes del mantenimiento de estos sistemas se debe realizar a través de empresas autorizadas</li> </ul>					

para tal fin, las cuales deben entregar los certificados de disposición final de residuos.

- Se debe solicitar permiso de vertimiento ante la autoridad ambiental competente para la construcción y puesta en marcha de una Planta de tratamiento de agua residual doméstica (PTARD), la misma debe iniciar su operación con el funcionamiento de la ET.
- **Manejo y disposición de lodos semisólidos y sólidos generados en el tratamiento de aguas residuales domésticas**

Los lodos semisólidos y sólidos que se generen por el tratamiento de las aguas residuales domésticas se deben deshidratar en la planta, para luego ser gestionados en relleno sanitario Nuevo Mondoñedo.

#### **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

**Regulación:** Regulación de flujos de agua y prevención de propagación de plagas y enfermedades.

## Manejo de material particulado y gases

MANEJO DE MATERIAL PARTICULADO Y GASES					
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenir, controlar y mitigar el aumento de material particulado y la emisión de gases que se puedan generar durante el ciclo de vida del proyecto ET.</li> <li>• Evitar el impacto que produciría el aumento en los niveles de ruido sobre la comunidad presente en el área de influencia directa de la operación.</li> <li>• Cumplir la normatividad ambiental legal vigente respecto a calidad del aire.</li> </ul>					
ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES					
<p style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN              <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN              <input checked="" type="checkbox"/> CIERRE         </p>					
IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES ASOCIADOS					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del aire por emisiones</li> <li>• Alteración del entorno por aumento de presión sonora</li> <li>• Generación de molestias a la comunidad</li> </ul>					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Compensación	
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración	<input checked="" type="checkbox"/>
ACCIONES A DESARROLLAR/ TECNOLOGÍAS UTILIZADAS					
<p><b><u>Control emisiones atmosféricas de vehículos, equipos, maquinaria y fuentes fijas</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe realizar el mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y los</li> </ul>					

equipos que emitan gases como resultado de sus procesos de combustión interna.

- Todos los vehículos utilizados deberán contar con el certificado de revisión técnico-mecánica de acuerdo a la legislación vigente.

#### **Control emisiones de material particulado**

- De deberá realizar periódicamente la humectación de las vías y los carretables más transitados. Esto con el fin de impedir la generación de material particulado por el paso de los vehículos.

#### **Control de emisiones de ruido ambiental**

- Toda la maquinaria y los equipos que se utilicen, deberán contar con un programa de mantenimiento, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, de tal forma que mantengan los niveles de ruido con los que fueron diseñados.

### **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

**Regulación:** Mejoramiento de la calidad del aire

## Manejo de olores

MANEJO DE OLORES					
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevenir, controlar los niveles olores generados por la operación</li> <li>• Evitar el impacto sobre los trabajadores y la comunidad en cuanto a la generación de olores molestos , ofensivos u irritantes</li> </ul>					
ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES					
<p style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN              <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN              <input checked="" type="checkbox"/> CIERRE         </p>					
IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES ASOCIADOS					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de la calidad del aire por generación de olores</li> <li>• Generación de problemas de salud en trabajadores</li> <li>• Generación de molestias a la comunidad y trabajadores</li> </ul>					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Compensación	
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración	<input checked="" type="checkbox"/>
ACCIONES A DESARROLLAR/ TECNOLOGÍAS UTILIZADAS					
<p><b><u>1. Control emisiones de olores</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se debe minimizar el tiempo de acopio de residuos en la ET</li> <li>• la instalación de humidificadores en la zona de transferencia lo que lograra que las</li> </ul>					

partículas de mantengan sobre el piso.

- Descarga de residuos en lugar cerrado que permita que estos olores se contengan y traten en el lugar.
- El área de descarga y carga debe ser área ventiladas ya sea por campanas u otro medio.
- Se debe realizar el lavado diario de las plataformas de carga y descarga para evitarla proliferación de hongos y bacterias que puedan generar problemas de olores y de salud.
- En caso de quejas internas u externas se debe realizar el monitoreo de olores ofensivos según lo establecido por la normatividad ambiental legal vigente.
- Contar con tapabocas, extractores u otras medidas de control para trabajadores.

### **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

**Regulación:** Mejoramiento de la calidad del aire

## Manejo de ruido

MANEJO DE RUIDO					
<p>OBJETIVOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prevenir, controlar los niveles de presión sonora generados por las actividades de construcción operación y cierre de la ET.</li> <li>Evitar el impacto que produciría el aumento en los niveles de ruido sobre la comunidad presente en el área de influencia directa de la operación.</li> </ul>					
ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES					
<p style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN              <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN              <input checked="" type="checkbox"/> CIERRE         </p>					
IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES ASOCIADOS					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteración de la calidad del aire por aumento de presión sonora</li> <li>Alteración del entorno por aumento de presión sonora</li> <li>Generación de molestias a la comunidad</li> </ul>					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Compensación	
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración	<input checked="" type="checkbox"/>
ACCIONES A DESARROLLAR/ TECNOLOGÍAS UTILIZADAS					
<p><b><u>1. Caracterización de la calidad de aire y ruido</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Antes del inicio de actividades, al menos una vez al año durante la operación y al</li> </ul>					

final de la ejecución del permiso de sustracción otorgado, se realizará un monitoreo de calidad de aire y de ruido en función de los parámetros exigidos por la normatividad ambiental legal vigente.

## **2. Control emisiones de ruido ambiental**

- Toda la maquinaria y los equipos que se utilicen, deberán contar con un programa de mantenimiento, de acuerdo a las recomendaciones del fabricante, de tal forma que mantengan los niveles de ruido con los que fueron diseñados.
- Se deben determinar las áreas en las cuales es permitido el uso de bocinas, actividades en las cuales se requiere.

## **3. Jornadas de capacitación y sensibilización**

- Se debe informar a todo el personal los horarios y niveles permitidos de ruido.

### **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

**Regulación:** Mejoramiento de la calidad del aire

## Manejo de sustancias químicas

<b>MANEJO DE SUSTANCIAS QUIMICAS</b>					
<p><b>OBJETIVOS.</b></p> <p>-Evitar incidentes en la gestión y manipulación de combustibles y sustancias químicas, con el fin de proteger el medio ambiente y la salud humana.</p> <p>-Prevenir y minimizar el impacto ambiental ocasionado por derrames, incendios, explosiones u otros incidentes generados por el inadecuado manejo de sustancias químicas.</p>					
<b>ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>					
<p style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN              <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN              <input checked="" type="checkbox"/> CIERRE         </p>					
<b>IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES ASOCIADOS</b>					
<p>Contaminación de suelos por derrames.</p> <p>Pérdida de capa vegetal por derrames</p> <p>Generación de molestias a la comunidad</p>					
<b>TIPO DE MEDIDA</b>					
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input type="checkbox"/>	Compensación	<input type="checkbox"/>
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración	<input type="checkbox"/>
<b>ACCIONES A DESARROLLAR/ TECNOLOGÍAS UTILIZADAS</b>					
<p>Se almacenarán y manejarán los combustibles y sustancias químicas de acuerdo con las recomendaciones de las fichas de seguridad MSDS y la normatividad ambiental legal vigente.</p>					

### **1. Identificación y rotulación de combustibles y sustancias químicas**

Cada sustancia o grupo de sustancias se identificará y rotulará dependiendo del tipo de riesgo o peligro para la salud o la seguridad del entorno definido en las fichas de seguridad de los productos, para lo cual se debe tener como referencia:

- La clasificación de la Organización de las Naciones Unidas (ONU).
- El Sistema Globalmente Armonizado (SGA).
- La codificación de la National Fire Protection Association (NFPA). La norma NFPA 704.

### **2. Almacenamiento de combustibles y sustancias químicas**

- Los sitios de almacenamiento de sustancias químicas deben estar ubicados en lugares fácil acceso para el transporte y para situaciones de emergencia con ventilación apropiada, puede ser natural, y distribuida de tal forma que no haya acumulación de vapores o gases
- Se debe conocer la compatibilidad de sustancias para su almacenamiento
- El sistema de almacenamiento, independientemente deberá contar con un dique de contención con una capacidad de mínimo el 110% del volumen almacenado.
- Se deberán disponer kit de derrames, que permita encapsular las sustancias, ante un eventual derrame.

### **3. Manipulación de combustibles y sustancias químicas**

- Se debe formar a las personas que manipulen o trabajen con sustancias químicas de forma que puedan conocer e identificar los riesgos de su manipulación y gestión.

**SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

**Regulación:** Prevención de propagación de plagas y enfermedades

**Manejo de vías, caminos y accesos (red de movilidad)**

<b>MANEJO DE VIAS, CAMINOS Y ACCESOS</b>					
<b>OBJETIVOS:</b>					
- Evitar el impacto en los cuerpos de agua superficial por el aporte de sedimentos.					
- Prevenir el inicio de procesos de remoción en masa.					
- Disminuir el impacto en la fauna y la flora por la pérdida de cobertura vegetal.					
<b>ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>					
<input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> CIERRE					
<b>IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pérdida de capa de suelo por remoción</li> <li>• Cambio en la cobertura vegetal (biomasa)</li> <li>• Alteración en la diversidad biológica por uso de vías.</li> <li>• Cambio temporal y permanente en el uso del suelo</li> </ul>					
<b>TIPO DE MEDIDA</b>					
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación		Compensación	
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>ACCIONES A DESARROLLAR/ TECNOLOGÍAS UTILIZADAS</b>					
<p><b><u>1.Construcción de la red de movilidad</u></b></p> <p>La red de movilidad se debe priorizar su construcción sobre accesos, camino y vías</p>					

existentes, sobre la cual se requieren hacer las ampliaciones o modificaciones para el tránsito de vehículos en la ET.

## **2. Inspección de mantenimiento básico de la red de movilidad**

Se deben realizar inspecciones periódicas sobre las vías y caminos teniendo en cuenta:

- Inspección y limpieza de cunetas
- Control de malezas, jardinería y podas
- Nivelación de accesos
- Reposición de revestimiento
- Reposición de barandas
- Mantenimiento y reemplazo de señalización

### **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

- **Regulación:** Protección del suelo contra la erosión
- **Cultural:** Valor estético

**Manejo de residuos sólidos.**

<b>MANEJO DE RESIDUOS</b>			
<b>OBJETIVOS:</b>			
-Disponer apropiadamente los residuos sólidos producidos durante las actividades de operación, construcción y cierre de la ET			
<b>ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES</b>			
<input checked="" type="checkbox"/>	CONSTRUCCIÓN	<input checked="" type="checkbox"/>	OPERACIÓN
		<input checked="" type="checkbox"/>	CIERRE
<b>IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES ASOCIADOS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alteración de suelos por derrames.</li> <li>• Generación de molestias a la comunidad, afectación a la salud</li> </ul>			
<b>TIPO DE MEDIDA</b>			
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control	<input checked="" type="checkbox"/>
			Compensación
			Rehabilitación / Restauración
<b>ACCIONES A DESARROLLAR/ TECNOLOGÍAS UTILIZADAS</b>			
<p>Las medidas tienen como objetivo realizar un adecuado manejo de los residuos sólidos (ordinarios, biodegradables, reciclables, especiales y peligrosos) desde su generación hasta su disposición final</p> <p><b><u>Separación en la fuente:</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se dispondrán “puntos ecológicos” con recipientes y/o contenedores que cumplan con el</li> </ul>			

código de colores para la segregación en la fuente.

- Código colores propuesto:



### SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA

- **Regulación:** Prevención de propagación de plagas y enfermedades
- **Cultural:** Valor estético

## Manejo de flora

### OBJETIVOS

- Disminuir el impacto generado sobre las coberturas vegetales durante la construcción de la ET, las facilidades y la red de movilidad, en términos de la pérdida de biomasa y diversidad.

### ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES

CONSTRUCCIÓN       OPERACIÓN       CIERRE

### IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES

- Cambio en la cobertura vegetal
- Alteración en la diversidad biológica
- Cambio temporal y permanente en el uso del suelo
- Alteración de geoformas y paisaje

#### TIPO DE MEDIDA

Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	
Protección		Control	X	Rehabilitación / Restauración	

#### ACCIONES A DESARROLLAR / TECNOLOGÍAS UTILIZADAS

Se aislará y demarcará el área a intervenir a fin de minimizar el impacto sobre otras áreas del terreno que no sean requeridas para la construcción

Se deberá realizar el rescate de las plántulas de especies arbóreas, arbustivas y herbáceas de alturas superiores a 0,1 m y con DAP superior a 10 cm. En caso de tener especies vedadas en el área se debe solicitar permiso a la autoridad ambiental competente. Las plántulas rescatadas, serán reubicadas en zonas del mismo predio que no sean de uso (cerca viva).

Antes del inicio de las actividades de construcción se deberá realizar la búsqueda de madrigueras y rescate de nidos.

#### SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA

**Regulación:** Captura y almacenamiento de agua, regulación de flujos de agua, protección del suelo contra la erosión, purificación del agua por medio de la estabilización de los suelos y filtración de contaminantes, mejoramiento de la calidad del aire, prevención de inundaciones y

sequías, regulación del clima local y regional por medio del control de los regímenes de precipitación y absorción de CO<sub>2</sub> (regulación del clima global)

**Soporte:** almacenamiento y ciclado de nutrientes, formación del suelo, provisión de hábitat y productividad primaria.

**Cultural:** Investigación científica y valor estético.

## Manejo de fauna

OBJETIVOS				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Reducir el impacto que la construcción de la ET genera en las poblaciones de fauna de la zona y su hábitat.</li> </ul>				
ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES				
<input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN <input type="checkbox"/> OPERACIÓN <input type="checkbox"/> CIERRE				
IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES				
<ul style="list-style-type: none"> <li>Alteración en la diversidad biológica</li> </ul>				
TIPO DE MEDIDA				
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación		Compensación
Protección	<input checked="" type="checkbox"/>	Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración
ACCIONES A DESARROLLAR/ TECNOLOGÍAS UTILIZADAS				
<p>Con el fin de caracterizar las poblaciones de los diferentes grupos de fauna del área de influencia directa del proyecto, se deberán realizar los estudios correspondientes para determinar la línea base dentro de EIA.</p> <p>Previo a la intervención de los sitios para construcción debe realizarse una inspección del lugar para determinar la presencia de fauna, nidos o madrigueras en la vegetación y suelo que serán removidos.</p>				

Si durante la inspección se encuentra algún animal, se procede a ahuyentarlos, si se detecta un nido o madriguera, se debe reubicar.

#### **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

- Aprovechamiento y Regulación.

## Plan de gestión social

OBJETIVOS					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informar permanentemente a las autoridades ambientales locales, entidades públicas, Juntas de Acción Comunal y comunidad en general, acerca del proyecto, sus avances, sus características técnicas y sociales, y especialmente sobre las medidas de manejo ambiental adoptadas por la empresa durante la exploración.</li> </ul>					
ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES					
<input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN <input checked="" type="checkbox"/> CIERRE					
IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Generación de expectativas</li> <li>• Generación de molestias a la comunidad</li> </ul>					
4. TIPO DE MEDIDA					
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Compensación	<input checked="" type="checkbox"/>
Protección		Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración	
ACCIONES A DESARROLLAR / TECNOLOGÍAS UTILIZADAS					
<p><b><u>1. Estrategias de información y comunicación</u></b></p> <p>Se debe proporcionar información suficiente, clara y concisa relacionada con las condiciones técnicas del proyecto de instalación de ET en el municipio de Fusagasugá, haciendo énfasis</p>					

en la duración, impactos positivos y negativos previstos sobre el entorno ambiental y social,  
las medidas de prevención, mitigación y correctivas

**SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

NO está relacionada con ningún servicio ecosistémico.

### Contratación de obra no calificada

OBJETIVOS					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Llevar un control sobre el mecanismo de empleabilidad de la mano de obra no calificada establecida con la comunidad de influencia directa.</li> <li>Mejorar la calidad de vida de los habitantes del municipio de Fusagasugá, vereda San Antonio.</li> </ul>					
ETAPA DE APLICACIÓN DE ACTIVIDADES					
<p style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> CONSTRUCCIÓN    <input checked="" type="checkbox"/> OPERACIÓN    <input checked="" type="checkbox"/> CIERRE         </p>					
IMPACTOS AMBIENTALES Y/O SOCIALES					
<ul style="list-style-type: none"> <li>Generación de expectativas</li> <li>Incremento en la demanda de bienes y servicios (economía local)</li> <li>Generación de empleo</li> </ul>					
TIPO DE MEDIDA					
Prevención	<input checked="" type="checkbox"/>	Mitigación	<input checked="" type="checkbox"/>	Compensación	
Protección		Control	<input checked="" type="checkbox"/>	Rehabilitación / Restauración	
ACCIONES A DESARROLLAR / TECNOLOGÍAS UTILIZADAS					
<p>La generación de empleo asociada al desarrollo de actividades operativas es requerida para el desarrollo del proyecto, con lo cual se deben desarrollar actividades para convocar a la</p>					

comunidad requerida.

**SERVICIOS ECOSISTÉMICOS CON LOS QUE SE RELACIONA**

No está relacionada con ningún servicio ecosistémico.

#### 4.6 VIABILIDAD ECONÓMICA.

Debido a que en el ámbito de las actividades productivas y distritales es frecuente que algunas entidades ejecuten proyectos de inversión con escasa o negativa rentabilidad económica, es fundamental realizar una debida evaluación económica de forma que se puedan focalizar los recursos de manera óptima.

La evaluación económica tiene como objetivo medir y aceptar proyectos que verdaderamente contribuyan a mejorar el bienestar económico a diferencia de la evaluación financiera cuyo objetivo es determinar si los flujos de dinero son suficientes para pagar la realización del proyecto por parte del inversionista. Para determinar la viabilidad económica del proyecto de la instalación de una ET en el municipio de Fusagasugá se deben determinar los costos que demanda la implementación de la ET incluyendo; obras, equipamiento, operación, mantenimiento, requerimientos del servicio, características del diseño.

Para implementar mejoras en los sistemas de gestión de residuos, el costo en sí, no es la única base para decidir la viabilidad de un proyecto, también se deben tomar en cuenta factores como:

- La importancia de aumento en la capacidad de prestación del servicio, cobertura.
- Posibilidad de minimización de la disposición en relleno sanitario
- Implementación de sistemas que sean duraderos en el tiempo con equipos que cuenten con servicio y refacciones disponibles en el país o favorecimiento de la industria nacional.
- consideraciones políticas, sociales, y ambientales.

La evaluación económica constituye un balance de las ventajas y desventajas de ejecutar el proyecto tomando en cuenta indicadores tales como:

Liquidez: facilidad con que se puede cambiar por dinero el objeto de la inversión (Ramón Companys Pascual, 1988)

Rentabilidad: un proyecto se considera rentable si el valor de los rendimientos que proporciona es superior a los recursos que utiliza, es decir el excedente bruto (Ramón Companys Pascual, 1988)

Y, riesgo económico: es la incertidumbre que se tiene sobre la TIR.

Esta evaluación normalmente es una tarea interdisciplinaria y en la que intervienen tres tipos de agentes: los promotores, los técnicos y los inversionistas. (Sepúlveda, 2008)

Para determinar la viabilidad de la instalación de una ET en el municipio de Fusagasugá, se utilizan los parámetros TIR (Tasa Interna de Retorno) y VAN (Valor Actual Neto), usados comúnmente a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto. Estos conceptos se basan en la estimación de los flujos de caja que se tendrían a lo largo de los años determinando el tiempo en el cual se recuperará la inversión, comparando la inversión en el proyecto o su inversión en un producto financiero.

Los ingresos en la instalación de una ET son provenientes de la tarifa cobrada por el transporte y recolección de residuos que se aplica a los usuarios a través del servicio público de aseo. En Colombia, las tarifas para los servicios públicos de aseo están regulados por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básica –CRA-. La comisión a través de resolución establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las empresas prestadoras del servicio público de aseo y la metodología para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo para municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas.

Actualmente se encuentra en vigencia la resolución CRA 720/2015”, "Por la cual se establece el régimen de regulación tarifaria al que deben someterse las personas prestadoras del servicio público de aseo que atiendan en municipios de más de 5.000 suscriptores en áreas urbanas, la metodología que deben utilizar para el cálculo de las tarifas del servicio público de aseo y se dictan otras disposiciones" (Comision de Regulación Agua Potable y Saneamiento Básico -CRA-, 2015)

El artículo 3 de la Resolución, establece que la metodología tarifaria que rige es la de “precio techo”. Esto implica que las personas prestadoras del servicio público de aseo podrán cobrar hasta el límite que constituye su precio máximo calculado con base en lo establecido en la norma.

El costo del precio máximo está conformado por un costo fijo, un costo variable por tonelada de residuos no aprovechables y la remuneración por tonelada de residuos aprovechados. Dentro del costo variable por tonelada de residuos no aprovechables se encuentra contemplado el costo de recolección y transporte de residuos, el costo de disposición final por toneladas, y el costo de tratamiento de lixiviados por tonelada.

Referente al costo de recolección y transporte de residuos, el artículo 24 de la resolución CRA 720/2015 establece que este costo debe ser calculado según la siguiente ecuación;

$$CRT_z = MIN(f_1, f_2) + PRT_z \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde;

- $CRT_z$ = Costo de Recolección y transporte de residuos sólidos

[pesos col / ton]

- $f_1$ = función que remunera el costo de recolección y transporte en compactador

[pesos col / ton]

- $f_2$ = función que remunera el costo de recolección y transporte en compactador hasta estación de transferencia y a granel hasta la entrada del sitio de disposición final

[pesos col / ton]

- $PRT_z$ = suma de los peajes por mes que paga el vehículo en su recorrido de ida y vuelta por área de prestación del servicio.

[pesos col ton/ mes]

Para poder determinar este valor mínimo se tiene que;

$$PRT_z = \frac{\text{Costo peaje}}{QRT_z} \text{ [ pesos col /ton mes] Ecuación 8}$$

$$f_1 = 64.745 + 738D + \frac{8\,683\,846}{QRT_z} \text{ [pesos col / ton ](Ecuación 9)}$$

$$f_2 = 87.823 + 278D + \frac{25\,211\,213}{QRT_z} \text{ [pesos col / ton ]( Ecuación 10)}$$

- $QRT_z$ = promedio de toneladas recolectadas y transportadas.

[ton/mes]

- $D$ = distancia hasta el sitio de disposición final.

[km]

A este costo debe incluirse el costo de disposición final, ya que de la estación de transferencia los residuos serán gestionados hasta nuevo Mondoñedo. El valor del costo de disposición final se determina según lo establecido en el art 28, de la resolución CRA 720/2015.

Los ingresos mínimos que tendría la estación de transferencia por la prestación del servicio de recolección de residuos y transporte hacia la ET y de allí hacia el sitio de disposición final, serían los calculados a partir de la ecuación 7. Esta ecuación incluye los valores de mantenimiento, depreciación, construcción y funcionamiento de la estación de transferencia. Sin embargo, debe incluirse el costo de disposición final ya que este debe ser pagado por la ET al relleno sanitario.(Ecuacion 13).

El párrafo 5 de la Res CRA 720/2015, establece que “En aquellos eventos en los que se deban incorporar incentivos a los municipios y/o distritos donde se ubiquen estaciones de transferencia regionales establecidos y reglamentados por el Gobierno Nacional, su valor se sumará al Costo de Recolección y Transporte de residuos sólidos definido en el presente artículo. Tal situación se informará a la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios y a la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico”. Este párrafo hace referencia a los incentivos establecidos en el Decreto 920/2013, “por el cual se reglamenta el artículo 251 en relación con el incentivo a los municipios donde se ubiquen rellenos sanitarios y estaciones de transferencia regionales para residuos sólidos”.

#### **4.6.1 ALTERNATIVA SIN PROYECTO**

Para esta alternativa la evaluación de costos de la situación actual toma en cuenta los costos derivados de la Ecuación 6, eliminando la función 2 que toma en cuenta el transporte hacia estación de transferencia. Con lo cual el costo de recolección y transporte directo hacia el relleno sanitario está dado por:

$$CRT_z = f_1 + PRT_z \quad \text{Ecuación 11}$$

La  $\text{CRT}_z = f_1 + PRT_z$ , presenta el costo ton/mes de la prestación del servicio de recolección y transporte tomando en cuenta la ecuación 11.

**Tabla 11.** Proyección Costo recolección y transporte sin proyecto.

AÑO	Ecuación 1. Número de Habitantes	QRT Generacion de residuos (crecimiento 4% anual) ton/ mes	PRODUCCION TOTAL DIARIA (ton/ día)	Costo recolección metodología CRA 720/2015							
				Ecuación 9. f1 [pesos/ ton]	Ecuación 10. f2 [pesos/ ton]	D. Distancia hacia relleno sanitario [Km]	C. Costo Peajes [pesos col]	Ecuación 8. PtrZ  C /QRT [pesos col ton / mes]	Ecuación 11. CTRz Costo de recolección sin estacion de transferencia [pesos col /Ton]		
2005	108938										
2006	112256										
2007	115674										
2008	119197	NO EXISTEN DATOS	NO EXISTEN DATOS								
2009	122827										
2010	126568										
2011	130422										
2012	134394										
2013	138487			2220	74,00						
2014	142705			2309	76,96						
2015	147051	2401	80,04	\$ 116.036	\$ 116.281		\$ 60.300	25,11	\$ 116.061		
2016	151529	2497	83,24	\$ 115.897	\$ 115.878		\$ 63.315	25,35	\$ 115.923		
2017	156144	2597	86,57	\$ 115.763	\$ 115.489		\$ 66.481	25,60	\$ 115.789		
2018	160899	2701	90,03	\$ 115.635	\$ 115.116		\$ 69.805	25,84	\$ 115.661		
2019	165799	2809	93,63	\$ 115.511	\$ 114.757		\$ 73.295	26,09	\$ 115.537		
2020	170849	2921	97,38	\$ 115.392	\$ 114.412		\$ 76.960	26,34	\$ 115.419		
2021	176052	3038	101,27	\$ 115.278	\$ 114.080		\$ 80.808	26,60	\$ 115.305		
2022	181413	3160	105,33	\$ 115.168	\$ 113.761		\$ 84.848	26,85	\$ 115.195		
2023	186938	3286	109,54	\$ 115.062	\$ 113.454		\$ 89.091	27,11	\$ 115.089		
2024	192631	3418	113,92	\$ 114.961	\$ 113.159		\$ 93.545	27,37	\$ 114.988		
2025	198498	3554	118,48	\$ 114.863	\$ 112.875		\$ 98.222	27,63	\$ 114.891		
2026	204543	3696	123,22	\$ 114.769	\$ 112.602		\$ 103.133	27,90	\$ 114.797		
2027	210772	3844	128,14	\$ 114.679	\$ 112.340		\$ 108.290	28,17	\$ 114.707		
2028	217191	3998	133,27	\$ 114.592	\$ 112.088		\$ 113.705	28,44	\$ 114.620		
2029	223806	4158	138,60	\$ 114.508	\$ 111.845		\$ 119.390	28,71	\$ 114.537		
2030	230622	4324	144,14	\$ 114.428	\$ 111.612	64,60	\$ 125.359	28,99	\$ 114.457		
2031	237645	4497	149,91	\$ 114.351	\$ 111.388		\$ 131.627	29,27	\$ 114.380		
2032	244883	4677	155,91	\$ 114.276	\$ 111.172		\$ 138.209	29,55	\$ 114.306		
2033	252340	4864	162,14	\$ 114.205	\$ 110.965		\$ 145.119	29,83	\$ 114.235		
2034	260025	5059	168,63	\$ 114.136	\$ 110.765		\$ 152.375	30,12	\$ 114.166		
2035	267944	5261	175,37	\$ 114.070	\$ 110.574		\$ 159.994	30,41	\$ 114.101		
2036	276104	5472	182,39	\$ 114.007	\$ 110.389		\$ 167.994	30,70	\$ 114.038		
2037	284513	5691	189,68	\$ 113.946	\$ 110.212		\$ 176.393	31,00	\$ 113.977		
2038	293178	5918	197,27	\$ 113.887	\$ 110.042		\$ 185.213	31,30	\$ 113.918		
2039	302106	6155	205,16	\$ 113.831	\$ 109.878		\$ 194.474	31,60	\$ 113.862		
2040	311307	6401	213,37	\$ 113.776	\$ 109.720		\$ 204.197	31,90	\$ 113.808		
2041	320788	6657	221,90	\$ 113.724	\$ 109.569		\$ 214.407	32,21	\$ 113.756		
2042	330557	6923	230,78	\$ 113.674	\$ 109.423		\$ 225.127	32,52	\$ 113.707		
2043	340624	7200	240,01	\$ 113.626	\$ 109.283		\$ 236.384	32,83	\$ 113.659		
2044	350997	7488	249,61	\$ 113.579	\$ 109.149		\$ 248.203	33,15	\$ 113.613		
2045	361687	7788	259,60	\$ 113.535	\$ 109.019		\$ 260.613	33,46	\$ 113.568		
2046	372702	8099	269,98	\$ 113.492	\$ 108.895		\$ 273.644	33,79	\$ 113.526		

De acuerdo a los datos mostrados en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 11, el costo de la recolección y transporte de residuos para 2016 es de \$116.061 pesos col / Ton recolectada (39,64USD).

#### **4.6.1.2 INGRESOS**

Para el caso sin proyecto, la proyección de ingresos se muestra en la Tabla 12.

Tabla 12. Proyección de ingresos sin la instalación de ET en municipio de Fusagasugá.

AÑO	Ecuación 1. Número de Habitantes	QRT Generación de residuos (crecimiento 4% anual) ton/ mes	PRODUCCION TOTAL DIARIA (ton/ día)	Costo recolección metodología CRA 720/2015							Ingresos sin ET	
				Ecuación 9. f1 [pesos/ ton]	Ecuación 10. f2 [pesos/ ton]	D. Distancia hacia relleno sanitario [Km]	C. Costo Peajes [pesos col]	Ecuación 8. PtrZ  C /QRT [pesos col ton / mes]	Ecuación 11. CTRz Costo de recolección sin estacion de transferencia [pesos col /Ton]	Ecuación 12. CDF.Costo disposición final en relleno sanitario [ pesos/ton]	CRTZ *QRT	
		NO EXISTEN DATOS	NO EXISTEN DATOS								[Pesos Col / mes]	[USD / mes]
2005	108938											
2006	112256											
2007	115674											
2008	119197											
2009	122827											
2010	126568											
2011	130422											
2012	134394											
2013	138487	2220	74,00									
2014	142705	2309	76,96									
2015	147051	2401	80,04	\$ 116.036	\$ 116.281						\$ 278.681.174	\$ 92.894
2016	151529	2497	83,24	\$ 115.897	\$ 115.878						\$ 289.481.670	\$ 96.494
2017	156144	2597	86,57	\$ 115.763	\$ 115.489						\$ 300.714.216	\$ 100.238
2018	160899	2701	90,03	\$ 115.635	\$ 115.116						\$ 312.396.095	\$ 104.132
2019	165799	2809	93,63	\$ 115.511	\$ 114.757						\$ 324.545.283	\$ 108.182
2020	170849	2921	97,38	\$ 115.392	\$ 114.412						\$ 337.180.474	\$ 112.393
2021	176052	3038	101,27	\$ 115.278	\$ 114.080						\$ 350.321.109	\$ 116.774
2022	181413	3160	105,33	\$ 115.168	\$ 113.761						\$ 363.987.407	\$ 121.329
2023	186938	3286	109,54	\$ 115.062	\$ 113.454						\$ 378.200.398	\$ 126.067
2024	192631	3418	113,92	\$ 114.961	\$ 113.159						\$ 392.981.951	\$ 130.994
2025	198498	3554	118,48	\$ 114.863	\$ 112.875						\$ 408.354.811	\$ 136.118
2026	204543	3696	123,22	\$ 114.769	\$ 112.602						\$ 424.342.632	\$ 141.448
2027	210772	3844	128,14	\$ 114.679	\$ 112.340						\$ 440.970.014	\$ 146.990
2028	217191	3998	133,27	\$ 114.592	\$ 112.088						\$ 458.262.544	\$ 152.754
2029	223806	4158	138,60	\$ 114.508	\$ 111.845						\$ 476.246.829	\$ 158.749
2030	230622	4324	144,14	\$ 114.428	\$ 111.612						\$ 494.950.542	\$ 164.984
2031	237645	4497	149,91	\$ 114.351	\$ 111.388						\$ 514.402.464	\$ 171.467
2032	244883	4677	155,91	\$ 114.276	\$ 111.172						\$ 534.632.525	\$ 178.211
2033	252340	4864	162,14	\$ 114.205	\$ 110.965						\$ 555.671.854	\$ 185.224
2034	260025	5059	168,63	\$ 114.136	\$ 110.765						\$ 577.552.825	\$ 192.518
2035	267944	5261	175,37	\$ 114.070	\$ 110.574						\$ 600.309.108	\$ 200.103
2036	276104	5472	182,39	\$ 114.007	\$ 110.389						\$ 623.975.719	\$ 207.992
2037	284513	5691	189,68	\$ 113.946	\$ 110.212						\$ 648.589.073	\$ 216.196
2038	293178	5918	197,27	\$ 113.887	\$ 110.042						\$ 674.187.047	\$ 224.729
2039	302106	6155	205,16	\$ 113.831	\$ 109.878						\$ 700.809.027	\$ 233.603
2040	311307	6401	213,37	\$ 113.776	\$ 109.720						\$ 728.495.979	\$ 242.832
2041	320788	6657	221,90	\$ 113.724	\$ 109.569						\$ 757.290.506	\$ 252.430
2042	330557	6923	230,78	\$ 113.674	\$ 109.423						\$ 787.236.916	\$ 262.412
2043	340624	7200	240,01	\$ 113.626	\$ 109.283						\$ 818.381.290	\$ 272.794
2044	350997	7488	249,61	\$ 113.579	\$ 109.149						\$ 850.771.552	\$ 283.591
2045	361687	7788	259,60	\$ 113.535	\$ 109.019						\$ 884.457.542	\$ 294.819
2046	372702	8099	269,98	\$ 113.492	\$ 108.895						\$ 919.491.096	\$ 306.497

## **4.6.2 ALTERNATIVA CON PROYECTO**

### **4.6.2.1 INGRESOS**

En la metodología CRA vigente, se establecen los costos asociados con la operación de una nueva ET los cuales están dados por la ecuación 6. Los costos establecidos en la ecuación 6, serán los ingresos por cobro del servicio de recolección y transporte los cuales se muestran en la tabla 13. (Para información detallada ver **Anexo 2**)

**Tabla 13.** Proyección de ingresos por el cobro del servicio de recolección y transporte por instalación de ET en municipio de Fusagasugá según Resolución CRA 720/2015.

AÑO	Ecuación 1. Número de Habitantes	QRT Generación de residuos (crecimiento 4% anual) ton/ mes	PRODUCCION TOTAL DIARIA (ton/ día)	Costo recolección metodología CRA 720/2015							Ingresos con ET		
				Ecuación 9. f1 [pesos/ ton]	Ecuación 10. f2 [pesos/ ton]	D. Distancia hacia relleno sanitario [Km]	C. Costo Peajes [pesos col]	Ecuación 8. PtrZ  C /QRT [pesos col ton / mes]	Ecuación 11. CTRz Costo de recolección sin estacion de transferencia [pesos col /Ton]	Ecuación 12. CDF.Costo disposición final en relleno sanitario [ pesos /ton]	(CRTz +CDF) * QRT		
		[Pesos Col/ mes]	[USD / mes]										
2005	108938												
2006	112256												
2007	115674												
2008	119197	NO EXISTEN DATOS	NO EXISTEN DATOS										
2009	122827												
2010	126568												
2011	130422												
2012	134394												
2013	138487	2220	74,00										
2014	142705	2309	76,96										
2015	147051	2401	80,04	\$ 116.036	\$ 116.281		\$ 60.300	25,11	\$ 116.061	\$ 55.383	\$ 411.665.358	\$ 137.222	
2016	151529	2497	83,24	\$ 115.897	\$ 115.878		\$ 63.315	25,35	\$ 115.923	\$ 53.254	\$ 422.419.213	\$ 140.806	
2017	156144	2597	86,57	\$ 115.763	\$ 115.489		\$ 66.481	25,60	\$ 115.789	\$ 51.207	\$ 432.991.191	\$ 144.330	
2018	160899	2701	90,03	\$ 115.635	\$ 115.116		\$ 69.805	25,84	\$ 115.661	\$ 49.238	\$ 443.986.079	\$ 147.995	
2019	165799	2809	93,63	\$ 115.511	\$ 114.757		\$ 73.295	26,09	\$ 115.537	\$ 47.346	\$ 455.420.797	\$ 151.807	
2020	170849	2921	97,38	\$ 115.392	\$ 114.412		\$ 76.960	26,34	\$ 115.419	\$ 45.526	\$ 467.312.938	\$ 155.771	
2021	176052	3038	101,27	\$ 115.278	\$ 114.080		\$ 80.808	26,60	\$ 115.305	\$ 43.776	\$ 479.680.801	\$ 159.894	
2022	181413	3160	105,33	\$ 115.168	\$ 113.761		\$ 84.848	26,85	\$ 115.195	\$ 42.093	\$ 492.543.418	\$ 164.181	
2023	186938	3286	109,54	\$ 115.062	\$ 113.454		\$ 89.091	27,11	\$ 115.089	\$ 40.475	\$ 505.920.579	\$ 168.640	
2024	192631	3418	113,92	\$ 114.961	\$ 113.159		\$ 93.545	27,37	\$ 114.988	\$ 38.919	\$ 519.832.870	\$ 173.278	
2025	198498	3554	118,48	\$ 114.863	\$ 112.875		\$ 98.222	27,63	\$ 114.891	\$ 37.423	\$ 534.301.696	\$ 178.101	
2026	204543	3696	123,22	\$ 114.769	\$ 112.602		\$ 103.133	27,90	\$ 114.797	\$ 35.985	\$ 549.349.323	\$ 183.116	
2027	210772	3844	128,14	\$ 114.679	\$ 112.340		\$ 108.290	28,17	\$ 114.707	\$ 34.602	\$ 564.998.903	\$ 188.333	
2028	217191	3998	133,27	\$ 114.592	\$ 112.088		\$ 113.705	28,44	\$ 114.620	\$ 33.272	\$ 581.274.519	\$ 193.758	
2029	223806	4158	138,60	\$ 114.508	\$ 111.845	64,60	\$ 119.390	28,71	\$ 114.537	\$ 31.993	\$ 598.201.213	\$ 199.400	
2030	230622	4324	144,14	\$ 114.428	\$ 111.612		\$ 125.359	28,99	\$ 114.457	\$ 30.764	\$ 615.805.032	\$ 205.268	
2031	237645	4497	149,91	\$ 114.351	\$ 111.388		\$ 131.627	29,27	\$ 114.380	\$ 29.581	\$ 634.113.063	\$ 211.371	
2032	244883	4677	155,91	\$ 114.276	\$ 111.172		\$ 138.209	29,55	\$ 114.306	\$ 28.445	\$ 653.153.478	\$ 217.718	
2033	252340	4864	162,14	\$ 114.205	\$ 110.965		\$ 145.119	29,83	\$ 114.235	\$ 27.351	\$ 672.955.575	\$ 224.319	
2034	260025	5059	168,63	\$ 114.136	\$ 110.765		\$ 152.375	30,12	\$ 114.166	\$ 26.300	\$ 693.549.826	\$ 231.183	
2035	267944	5261	175,37	\$ 114.070	\$ 110.574		\$ 159.994	30,41	\$ 114.101	\$ 25.290	\$ 714.967.919	\$ 238.323	
2036	276104	5472	182,39	\$ 114.007	\$ 110.389		\$ 167.994	30,70	\$ 114.038	\$ 24.318	\$ 737.242.812	\$ 245.748	
2037	284513	5691	189,68	\$ 113.946	\$ 110.212		\$ 176.393	31,00	\$ 113.977	\$ 23.384	\$ 760.408.781	\$ 253.470	
2038	293178	5918	197,27	\$ 113.887	\$ 110.042		\$ 185.213	31,30	\$ 113.918	\$ 22.485	\$ 784.501.472	\$ 261.500	
2039	302106	6155	205,16	\$ 113.831	\$ 109.878		\$ 194.474	31,60	\$ 113.862	\$ 21.621	\$ 809.557.959	\$ 269.853	
2040	311307	6401	213,37	\$ 113.776	\$ 109.720		\$ 204.197	31,90	\$ 113.808	\$ 20.791	\$ 835.616.799	\$ 278.539	
2041	320788	6657	221,90	\$ 113.724	\$ 109.569		\$ 214.407	32,21	\$ 113.756	\$ 19.992	\$ 862.718.089	\$ 287.573	
2042	330557	6923	230,78	\$ 113.674	\$ 109.423		\$ 225.127	32,52	\$ 113.707	\$ 19.224	\$ 890.903.533	\$ 296.968	
2043	340624	7200	240,01	\$ 113.626	\$ 109.283		\$ 236.384	32,83	\$ 113.659	\$ 18.486	\$ 920.216.502	\$ 306.739	
2044	350997	7488	249,61	\$ 113.579	\$ 109.149		\$ 248.203	33,15	\$ 113.613	\$ 17.776	\$ 950.702.102	\$ 316.901	
2045	361687	7788	259,60	\$ 113.535	\$ 109.019		\$ 260.613	33,46	\$ 113.568	\$ 17.093	\$ 982.407.245	\$ 327.469	
2046	372702	8099	269,98	\$ 113.492	\$ 108.895		\$ 273.644	33,79	\$ 113.526	\$ 16.437	\$ 1.015.380.717	\$ 338.460	

Si se compara la tabla 13 con la tabla 12 es posible observar que el costo de recolección y transporte al instalar una ET disminuye aproximadamente en un 3% aumentando a medida que la ET aumenta su capacidad.

De igual forma, se debe tener en cuenta que la instalación de una estación de transferencia con posibilidad de recepción de material de otras municipalidades trae beneficios tributarios para el municipio y por lo cual aumenta los ingresos hasta en un 0.35% por Ton recibida y dispuesta.

De igual forma se prevé que la ET preste servicios adicionales como recepción de material aprovechable de la ciudadanía. La venta de este material generaría un ingreso adicional.

#### **4.6.2.COSTOS**

##### **COSTOS CONSTRUCCIÓN Y FUNCIONAMIENTO.**

Los costos asociados a la construcción y puesta en funcionamiento de una ET mensuales se muestran en la Tabla 14. Los costos de implementar una ET se han dividido en:

- Costos mensuales: servicios públicos, salarios de funcionarios, seguridad, tecnología.
- Costos por obras: compra de terreno, construcción
- Costos por equipos: compra de vehículos
- Costos operativos: gastos operativos de vehículos e impuestos.

La tabla 14, compara los casos en los cuales se obtiene o no financiación. Para el caso de obtener financiación se realiza el cálculo del valor de amortización mensual que debe tenerse en cuenta en la operatividad de la planta para cubrir estos gastos.

La tasa de interés usada es de 12, 1% E.A, los prestamos son realizados a 120 meses / 10 años para la financiación de la compra del terreno (\$ 1'200.000.000 pesos col / 400.000 USD ) y la construcción de la ET (\$ 500.000.000 pesos col / 167.000 USD). Para la adquisición de equipos (\$ 800.000.000 pesos col / 267.000 USD ) se utilizó como periodo de pago 80 meses / 7 años.

**Tabla 14.** Costos de construcción e implementación de ET

DESCRIPCION		Costo Unitario	Costo Total	COSTO ESTIMADO CON FINANCIACIÓN		COSTO ESTIMADO SIN FINANCIACION		OBSERVACIONES
				PESOS COL	USD	PESOS COL	USD	
<b>COSTOS FIJOS MENSUALES</b>								
Personal	conductores	130000	9.100.000	34.100.000,00	11366,7	34.100.000	11366,7	Basado en sueldo mensual a 2015 para: 2 Ingeniero 2 Administrativos, 8 operadores incluido 1 en básica, 7 conductores de vehículos 4 supervisores o técnicos.
	supervisores	200000	8.000.000					
	operativos	100000	8.000.000					
	Administrativos	150000	3.000.000					
	Ingenieros	300000	6.000.000					
Consumo de Agua Tarifa tipo comercial hasta 60m3		149.809	149.809	149.809,00	49,9	149.809	49,9	basado en un consumo día de 2m3/día
Consumo de Energia		170.000	170.000	170.000	56,7	170.000	56,7	Basado en un consumo de 8000Kwh/ mes.
Otros	Servicio de vigilancia	4000000	16.000.000	25.100.000	8366,7	25.100.000	8366,7	Servicio de vigilancia, jardinería, contratos de tecnología y comunicaciones
	Jardinería	1500000	1500000					
	Comunicaciones	60000	600000					
	Tecnología	7000000	7000000					
<b>COSTOS FIJOS MENSUALES POR OBRAS</b>								
Compra de terreno		1.200.000.000	1.200.000.000	19.043.966	6348,0	1.200.000.000	400000,0	Costo de terreno financiada en 12,14% en 10 años.
Obras	Construcción ET	500.000.000	500.000.000	7.934.986	2645,0	500.000.000	166666,7	Construcción de ET (área de descargue, área administrativa, vías, facilidades, por costo de 500'000.000 financiado en 12,1 en 10 años.
<b>COSTOS POR EQUIPOS</b>								
Compra de equipos	vehículos de transferencia	9000000	63000000	15.244.146	5081,4	800.000.000	266666,7	Compra de 7 equipos de transferencia, 1 Cargador, 1 bascula financiados a 3,5% [6]durante 7 años.
	cargador	12000000	12000000					
	bascula	62000000	45000000					
Equipos menores		5000000	5000000					Herramientas
<b>COSTOS OPERATIVOS</b>								
vehiculos	ACPM ó Gasolina	7462500	7462500	7.462.500	2487,5	7.462.500	2487,5	Recorrido de 12544km/ mes para los 7 camiones, tomando ref valor de 7500 GL
	Peajes	13961010	13961010	13.961.010	4653,7	13.961.010	4653,7	7 viajes diarios durante 30 días al mes
	Lubricantes	2100000	2100000	1.050.000	350,0	1.050.000	350,0	Cambios cada 5000Km
	mantenimiento	4000000	4000000	4.000.000	1333,3	4.000.000	1333,3	Valor medio mensual
	Llantas	14000000	14000000	1.166.667	388,9	1.166.667	388,9	comprando una vez al año llantas para los 7 vehículos
	imprevistos	4000000	4000000	4.000.000	1333,3	4.000.000	1333,3	Valor medio mensual
Impuestos		4000000	28000000	4.000.000	1333,3	4.000.000	1333,3	Vehicular, Tecnico Mecanico, promedio mensual
<b>COSTO TOTAL MENSUAL</b>				<b>137.383.084</b>	<b>45794,4</b>	<b>1.141.919.828</b>	<b>380639,9</b>	
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>				<b>1.648.597.004</b>	<b>549.532</b>	<b>3.641.919.828</b>	<b>1.213.973</b>	

## **COSTOS DE DISPOSICION FINAL**

Para determinar el costo de operación total de la ET, se deben incluir los costos de disposición final los cuales serán cobrados al usuario y pagados por la ET para la disposición final de los mismos. Este valor debe ser calculado según lo establecido en el art 28, de la resolución CRA 720/2015 y transferido al usuario en el cobro del servicio. Este valor está dado por:

$$CDF = CDFVU + CDFPC \text{ (Ecuación 12)}$$

$$CDFVU = \text{Min} \left[ \left( 18,722 + \frac{132\,924\,379}{QRS} \right); 139\,896 \right] \text{ (Ecuación 13)}$$

$$CDFPC = \text{MIN} \left[ \left( 242 + \frac{11\,652\,352}{QRS} \right); 6,185 \right] \text{ (Ecuación 14)}$$

Donde;

- CDF = costo máximo a reconocer Ton en el sitio de disposición final  
[pesos col/ ton]
- CDFVU= costo máximo a reconocer por ton,. Por vida útil de 20 años en el sitio de disposición final  
[pesos col/ ton]
- CDFPC= Costo máximo a reconocer por Ton, por periodo de la etapa de clausura de diez años en el sitio de disposición final  
[pesos col/ton]

- QRS= promedio mensual de residuos sólidos que se reciben en el sitio de disposición final

[ton/ mes]

La tabla 15, presenta los costos totales anuales de implementación de la ET; costo de funcionamiento + costo de disposición final calculado partir de la ecuación 12. Los valores se presentan para la alternativa con financiación tanto en pesos colombianos como dólares.

**Tabla 15.** Costo TOTAL anual con la implementación ET.

<b>COSTO TOTAL FUNCIONAMIENTO ET PARA 2016</b>					
Ton/ año dispuestas Fusagasugá	Ingreso/Transporte anual	Costo disposición anual		Costo Operación ET	
	( pesos col)	Pesos col	US	Pesos col	US
29966	5.195.894.287	\$1.534.489.207,17	\$494.996,52	\$1.648.597.004,07	531.805
<b>Costo total ( pesos col/ton)</b>				<b>\$3.183.086.211,24</b>	
<b>Costo total ( US)</b>				<b>\$1.026.802,00</b>	

**El costo anual de funcionamiento de la ET es de \$3.183'086.211 (1'026.802 USD).**

### 4.6.3 UTILIDAD

Se denomina utilidad o ganancia al beneficio económico que obtiene una empresa por el ejercicio de sus operaciones. En su sentido más simple, es la diferencia entre el costo del producto y el precio de venta.

Si bien ciencias como la ingeniería económica determinan en qué consiste la ganancia, a qué debe atribuirse y de dónde proviene. En el desarrollo de este trabajo consideraremos ganancia como la retribución que se obtendrá por la implementación de la ET.

Para obtener la utilidad neta se debe establecer la proyección de los costos de operación que tendrá la ET durante la duración del proyecto. Para ello, se determinó un crecimiento igual al PIB el cual fue de 3,1% para Colombia en el año 2015. Según el DANE<sup>4</sup> la economía colombiana creció 3,1% en 2015.

La fórmula de crecimiento de los costos será de forma exponencial siguiendo la formula

$$\text{Costo} = Ci \text{ EXP}^{(0,031 * (A_2 - A_1))} \text{ Ecuación 15}$$

<sup>4</sup> DANE: Departamento Administrativo Nacional de Estadística Colombiano

Donde;

$C_i$  = Costo operación 2016.

$A_2$  = año de calculo

$A_1$  = 2016

Los valores de proyección de costos se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Proyección de costos de funcionamiento ET

		2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Ingresos Operacionales		\$5.069.030.551	\$5.195.894.287	\$5.327.832.952	\$5.465.049.562	\$5.607.755.256	\$5.756.169.617	\$5.910.521.014	\$6.071.046.953	\$6.237.994.437	\$6.411.620.356	\$6.592.191.873	\$6.779.986.840
Costo de ventas y operación	Costo DF	\$1.595.838.921	\$1.595.868.775	\$1.595.899.825	\$1.595.932.116	\$1.595.965.698	\$1.596.000.624	\$1.596.036.947	\$1.596.074.723	\$1.596.114.010	\$1.596.154.869	\$1.596.197.362	\$1.596.241.554
	Costo operación	\$1.648.597.004	\$1.700.503.911	\$1.754.045.134	\$1.809.272.129	\$1.866.237.973	\$1.924.997.416	\$1.985.606.930	\$2.048.124.765	\$2.112.611.005	\$2.179.127.627	\$2.247.738.558	\$2.318.509.740

		2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039
Ingresos Operacionales		\$6.975.294.224	\$7.178.414.553	\$7.389.660.378	\$7.609.356.752	\$7.837.841.733	\$8.075.466.904	\$8.322.597.910	\$8.579.615.027	\$8.846.913.743	\$9.124.905.368	\$9.414.017.666	\$9.714.695.514
Costo de ventas y operación	Costo DF	\$1.596.287.515	\$1.596.335.313	\$1.596.385.024	\$1.596.436.723	\$1.596.490.490	\$1.596.546.407	\$1.596.604.562	\$1.596.665.042	\$1.596.727.942	\$1.596.793.358	\$1.596.861.390	\$1.596.932.144
	Costo operación	\$2.391.509.187	\$2.466.807.059	\$2.544.475.722	\$2.624.589.822	\$2.707.226.355	\$2.792.464.741	\$2.880.386.901	\$2.971.077.334	\$3.064.623.201	\$3.161.114.406	\$3.260.643.686	\$3.363.306.696

		2040	2041	2042	2043	2044	2045
Ingresos Operacionales		\$10.027.401.587	\$10.352.617.070	\$10.690.842.398	\$11.042.598.025	\$11.408.425.227	\$11.788.886.937
Costo de ventas y operación	Costo DF	\$1.597.005.728	\$1.597.082.255	\$1.597.161.843	\$1.597.244.615	\$1.597.330.698	\$1.597.420.224
	Costo operación	\$3.469.202.102	\$3.578.431.678	\$3.691.100.402	\$3.807.316.558	\$3.927.191.839	\$4.050.841.453

Para obtener la utilidad bruta, restaremos a los ingresos obtenidos en la tabla 13 con los costos operacionales obtenidos en la tabla 16. Los ingresos corresponden a los ingresos anuales que se tendrían por el transporte hacia la ET y el costo de disposición final. El costo de ventas y operación corresponde al valor de operación y de disposición final.

Los valores de utilidad para el proyecto se muestran en la tabla 17.

**Tabla 17.** Proyección de costos de operación y utilidad bruta del proyecto instalación ET.

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	
Ingresos Operacionales	\$5.069.030.551	\$5.195.894.287	\$5.327.832.952	\$5.465.049.562	\$5.607.755.256	\$5.756.169.617	\$5.910.521.014	\$6.071.046.953	\$6.237.994.437	\$6.411.620.356	
Costo de ventas y operación	Costo DF	\$1.595.838.921	\$1.595.868.775	\$1.595.899.825	\$1.595.932.116	\$1.595.965.698	\$1.596.000.624	\$1.596.036.947	\$1.596.074.723	\$1.596.114.010	\$1.596.154.869
	Costo operación	\$1.648.597.004	\$1.700.503.911	\$1.754.045.134	\$1.809.272.129	\$1.866.237.973	\$1.924.997.416	\$1.985.606.930	\$2.048.124.765	\$2.112.611.005	\$2.179.127.627
UTILIDAD BRUTA	\$1.824.594.626	\$1.899.521.600	\$1.977.887.993	\$2.059.845.318	\$2.145.551.584	\$2.235.171.576	\$2.328.877.137	\$2.426.847.464	\$2.529.269.422	\$2.636.337.860	

	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	
Ingresos Operacionales	\$6.592.191.873	\$6.779.986.840	\$6.975.294.224	\$7.178.414.553	\$7.389.660.378	\$7.609.356.752	\$7.837.841.733	\$8.075.466.904	\$8.322.597.910	\$8.579.615.027	
Costo de ventas y operación	Costo DF	\$1.596.197.362	\$1.596.241.554	\$1.596.287.515	\$1.596.335.313	\$1.596.385.024	\$1.596.436.723	\$1.596.490.490	\$1.596.546.407	\$1.596.604.562	\$1.596.665.042
	Costo operación	\$2.247.738.558	\$2.318.509.740	\$2.391.509.187	\$2.466.807.059	\$2.544.475.722	\$2.624.589.822	\$2.707.226.355	\$2.792.464.741	\$2.880.386.901	\$2.971.077.334
UTILIDAD BRUTA	\$2.748.255.953	\$2.865.235.546	\$2.987.497.522	\$3.115.272.181	\$3.248.799.632	\$3.388.330.207	\$3.534.124.888	\$3.686.455.755	\$3.845.606.447	\$4.011.872.651	

	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044	2045	
Ingresos Operacionales	\$8.846.913.743	\$9.124.905.368	\$9.414.017.666	\$9.714.695.514	\$10.027.401.587	\$10.352.617.070	\$10.690.842.398	\$11.042.598.025	\$11.408.425.227	\$11.788.886.937	
Costo de ventas y operación	Costo DF	\$1.596.727.942	\$1.596.793.358	\$1.596.861.390	\$1.596.932.144	\$1.597.005.728	\$1.597.082.255	\$1.597.161.843	\$1.597.244.615	\$1.597.330.698	\$1.597.420.224
	Costo operación	\$3.064.623.201	\$3.161.114.406	\$3.260.643.686	\$3.363.306.696	\$3.469.202.102	\$3.578.431.678	\$3.691.100.402	\$3.807.316.558	\$3.927.191.839	\$4.050.841.453
UTILIDAD BRUTA	\$4.185.562.601	\$4.366.997.604	\$4.556.512.589	\$4.754.456.674	\$4.961.193.758	\$5.177.103.137	\$5.402.580.152	\$5.638.036.851	\$5.883.902.691	\$6.140.625.260	

De acuerdo a lo presentado en la tabla 17, la implementación de la ET presenta utilidades brutas positivas crecientes, con lo cual la inversión en el proyecto es favorable.

#### **4.6.4 INDICADORES FINANCIEROS**

##### **4.6.4.1 Tasa Interna de Retorno Modificada.**

La tasa interna de retorno modificada (TIR Modif), es uno de los indicadores financieros que permiten evaluar la posible rentabilidad de un negocio o proyecto, en función de lo que se obtendrá en un periodo de tiempo si se invierte una determinada cantidad de dinero.

Teniendo en cuenta los ingresos y los costos de inversión requeridos para el proyecto se calcula la TIRmodif a partir de la utilidad neta del proyecto. Este valor determinara si en el periodo de ejecución del proyecto se recuperara la inversión y en qué porcentaje se percibirán ganancias de la implementación de la ET

Se considerara viable si la TIR modif es mayor que la Tasa Minima de Retorno, la cual será el valor máximo de rentabilidad que se puede obtener a través de DTF. Los DTF ó depósitos a término fijo son depósitos cuya tasa la calcula el sistema financiero como el promedio ponderado de las diferentes tasas de interés de captación utilizadas por los bancos, corporaciones financieras, corporaciones de ahorro y vivienda.

La tasa DTF es calculada por el Banco de la República semanalmente con información recolectada, hasta el día anterior, por la Superintendencia Bancaria. La DTF tiene vigencia de una semana (Banco de la Republica de Colombia, 2016). El valor de la DTF reportada por el Banco de la Republica que será usado para el desarrollo de este trabajo es de 9,71% Efectivo Anual.

Para la implementación de la ET se requiere una inversión inicial de \$ 5'176.409.035 pesos colombianos (1'725.469 USD), este valor corresponde al costo del terreno, la construcción, y la compra de vehículos, el pago de salarios y los ítems que se encuentran en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** 14. Para el cálculo de la TIR modif se realizó tomando como ingresos las utilidades netas del proyecto calculados en la tabla 18.

**Tabla 18.** TIR para la instalación de ET en Fusagasugá

TIR	
COSTO INICIAL	-\$5.176.409.035,17
INGRESO AÑO 1	\$1.824.594.626,24
INGRESO AÑO 2	\$1.899.521.599,63
INGRESO AÑO 3	\$1.977.887.993,01
INGRESO AÑO 4	\$2.059.845.317,54
INGRESO AÑO 5	\$2.145.551.583,92
INGRESO AÑO 6	\$2.235.171.576,18
INGRESO AÑO 7	\$2.328.877.136,94
INGRESO AÑO 8	\$2.426.847.464,44
INGRESO AÑO 9	\$2.529.269.422,00
INGRESO AÑO 10	\$2.636.337.860,24
INGRESO AÑO 11	\$2.748.255.952,81
INGRESO AÑO 12	\$2.865.235.545,91
INGRESO AÑO 13	\$2.987.497.522,49
INGRESO AÑO 14	\$3.115.272.181,39
INGRESO AÑO 15	\$3.248.799.632,30
INGRESO AÑO 16	\$3.388.330.207,12
INGRESO AÑO 17	\$3.534.124.888,29
INGRESO AÑO 18	\$3.686.455.754,91
INGRESO AÑO 19	\$3.845.606.447,35
INGRESO AÑO 20	\$4.011.872.651,08
INGRESO AÑO 21	\$4.185.562.600,56
INGRESO AÑO 22	\$4.366.997.603,90
INGRESO AÑO 23	\$4.556.512.589,33
INGRESO AÑO 24	\$4.754.456.674,20
INGRESO AÑO 25	\$4.961.193.757,54
INGRESO AÑO 26	\$5.177.103.137,08
INGRESO AÑO 27	\$5.402.580.151,78
INGRESO AÑO 28	\$5.638.036.850,93
INGRESO AÑO 29	\$5.883.902.690,82
INGRESO AÑO 30	\$6.140.625.260,22
<b>TIR MOD(30 años)</b>	<b>16%</b>

De acuerdo a los datos de la Tabla 18, la proyección de inversión es efectuable según la TIR Modif, ya que genera una rentabilidad superior a la exigida (  $16\% > 9,71\%$ ).

#### 4.6.4.2 Valor Actual Neto.

El VAN (valor actual neto) es un indicador de evaluación que representa el valor del dinero actual que reportará el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un periodo determinado.

En los estudios de proyectos, los proyectos cuya  $VAN > 0$ , representa que la inversión en el proyecto es una mejor alternativa de inversión que las del mercado en ese momento. Aquellas situaciones en las que el  $VAN < 0$  el proyecto no será rentable en ese momento.

Para la implementación de la ET en el municipio de Fusagasugá, se calculó el VAN con los ingresos calculados en la tabla 13. Para el caso sin proyecto se tomaron los datos de la columna sin implementación ET. Los valores del indicador se presentan en la tabla 19.

**Tabla 19.** Valor Actual Neto para la implementación del proyecto de instalación ET en municipio de Fusagasugá.

VAN PROYECTO	
VAN ( 10 AÑOS)	\$4.374.093.694,96
VAN (30 AÑOS)	\$8.552.059.082,81

El VAN para el proyecto es positivo, lo cual indica que el proyecto es la mejor alternativa de inversión, también debe tenerse en cuenta los beneficios económicos, sociales y ambientales de la inversión en el proyecto a largo plazo no son evaluadas en este indicador.

#### **4.6.5 OTRAS CONSIDERACIONES.**

La instalación de la ET en el municipio de Fusagasugá aumentará en 63% la capacidad actual de recolección, cubriendo la totalidad el área rural y urbana del municipio y con posibilidades de prestar el servicio a los municipios cercanos.

Teniendo en cuenta el crecimiento poblacional del municipio, se hace necesario incorporar medidas que optimicen la recolección de residuos y garanticen la prestación del servicio en la totalidad del área tanto urbana como rural.

Como otros ingresos debe considerarle la posible venta de material aprovechable, el cual de acuerdo a las encuestas realizadas puede corresponder a un 10% del material que ingresa a la planta. El valor de venta de este material en el mercado se muestra en la Tabla 20. Los valores de venta en el mercado tomados como referencia son en la ciudad de Bogotá a Junio de 2016.

**Tabla 20.** Precios de referencia venta de material aprovechable

Caracterización de los residuos inorgánicos en la ciudad de Bogotá D.C.							
Residuo	Sub-Categoría	operarios	Tipo del residuo	Fuente principal del residuo	Precio de compra por kilogramo	Precio de Venta kilogramo	Utilidad
Papel	Periódico	2	papel para prensa, periódicos, revistas en papel periódico.	Urbano Industrial comercial	\$ 216	\$ 300	28%
	Revistas	2	Catálogos, folletos, revistas, libros.	Urbano comercial	\$ 299	\$ 350	15%
	Papel Blanco y archivo	2	Papel de impresión, cartulina lisa, escritura Papel continuo	Urbano Industrial comercial	\$ 532	\$ 780	32%
Cartón	Cartón Sucio y corrugado	2	cajas de cartón	Urbano Industrial comercial	\$ 302	\$ 460	34%
	Plegadiza, Dúplex y Kraft	2	Cartón huecos, envases de remedios, detergentes, cereales, te, rollos de papel, algunas tarjetas, bolsas de papel, sobres de manila, etc.	Urbano Industrial comercial	\$ 130	\$ 280	54%
Plástico Pet	Pet Blanco o transparente	2	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos. etc.	Urbano comercial	\$ 1.100	\$ 1.420	23%
	Pet Negro	2	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos. etc.	Urbano Industrial comercial	\$ 300	\$ 500	40%
	Pet de Color o verde	2	Envases de bebidas gaseosas, jugos, jarabes, aceites comestibles, bandejas, artículos de farmacia, medicamentos. etc.	Urbano Industrial comercial	\$ 500	\$ 950	47%
Plástico blando	PEAD (HDPE)	2	Bolsas de supermercado, Envases de leche, detergentes, champú, baldes, tanques de agua, Implementos de aseo,	Urbano Industrial comercial	\$ 593	\$ 900	34%
	PEBD (LDPE)		Manteles, envases de crema, y shampo, bolsas para basura, bolsas para residuos, usos agrícolas, etc.	Urbano Industrial comercial	\$ 593	\$ 900	34%
Plástico Duro	PVC Duro y Blando	2	Tuberías de agua, desagües, aceites, mangueras, cables, envases detergentes, usos médicos como catéteres, bolsas de sangre, etc.	Urbano Industrial comercial	\$ 295	\$ 500	41%
	PS		Envases de alimentos congelados, aislante para heladeras, juguetes, rellenos, etc.	Urbano Industrial comercial	\$ 699	\$ 1.000	30%
	Otros		Adhesivos e industria plástica, elementos moldeados como enchufes, asas de recipientes, etc. Espuma de colchones, rellenos de tapicería, etc.	Urbano Industrial comercial	\$ 699	\$ 1.000	30%
Polipropileno	PP	2	Envases de alimentos, industria automotriz, artículos de bazar y menaje, bolsas de uso agrícola y cereales, tuberías de agua caliente, films para protección de alimentos, pañales descartables, etc.	Urbano Industrial comercial			N.A
Envases	Tetra pack	1	envases para alimentos refrigerados (cajas de jugos y leche en caja)	Urbano Industrial comercial	\$ 100	\$ 200	50%
Vidrios	Blanco o transparente	1	botellas de Gaseosa, de vino Blanco y algunos licores,	Urbano comercial	\$ 97	\$ 150	35%
	Café	1	Botellas de: Cerveza y algunos licores	Urbano comercial	\$ 97	\$ 150	35%
	Verde	1	Botellas de .cerveza, gaseosas y algunos licores.	Urbano comercial	\$ 97	\$ 150	35%
	Otros	1	Vidrios planos de ventanas y otros	Urbano Industrial comercial	\$ 61	\$ 130	53%
Metales	Acero			Urbano Industrial comercial	\$ 1.620	\$ 2.000	19%
	Aluminio		ollas, perfiles, otros	Urbano Industrial comercial	\$ 2.178	\$ 2.867	24%
	Latas de aluminio		latas de: cerveza, sardinas, atún, vegetales, otros	Urbano comercial	\$ 2.137	\$ 2.750	22%
	Bronce			Urbano Industrial comercial	\$ 7.308	\$ 8.500	14%
	Cobre		Cables de telefono, cable electrico, plaquetas.	Urbano Industrial comercial	\$ 7.660	\$ 11.000	30%

Fuente: Base de datos de Bodega de compra de material reciclables localidad Kennedy, Bogotá D.C. Dic

**Los precios promedios de venta por Kg son de 2.000 pesos col, con lo cual se podrían tener ingresos adicionales de hasta \$ 460´.000.000 anuales por ventas de material reciclable u aprovechable.**

Si bien la implementación de la ET genera mayores costos fijos unitarios anuales, la posibilidad de ampliar la cobertura de la prestación del servicio y transportar mayor cantidad de material por viaje, influye directamente en menores tiempos de parada por mantenimiento de vehículos y mayor vida útil de los mismos. Este valor se convierte en ahorro por tonelada transportada cuando se cuenta con una ET por cada Km hasta el relleno sanitario.

Debe tenerse en cuenta que los cálculos del valor de ingresos mensuales no tienen en cuenta los ajustes de IPC anuales proyectados, ni los ingresos adicionales que plantea la resolución 720/2015 sobre el sistema tarifario de recolección y limpieza en municipios que implementen ET en sus áreas.

En conclusión, la implementación de una ET en el municipio es un escenario viable que permite no solo mejorar las condiciones del servicio sino poner sobre la mesa que el manejo de los residuos debe ser parte de una política integral de desarrollo sustentable y humano a nivel municipal, en la que la gestión de residuos demuestre el interés por la protección de los recursos naturales y la salud humana de las áreas donde son gestionados. La implementación de una ET debe involucrar no solo los tradicionales servicios municipales de limpieza, sino todos los sectores de la sociedad, considerando sobre todo los generadores de residuos acerca de la responsabilidad en la prevención de su generación, su minimización, valorización y manejo ambientalmente adecuado.

La implementación de una ET debe involucrar no solo los tradicionales servicios municipales de limpieza, sino todos los sectores de la sociedad, considerando sobre todo los generadores de residuos acerca de la responsabilidad en la prevención de su generación, su minimización, valorización y manejo ambientalmente adecuado

## CAPITULO V

### CONCLUSIONES

El análisis que se realizó en este trabajo presenta el panorama a nivel local para la instalación de una ET en el municipio de Fusagasugá, como una solución para la gestión de residuos en el municipio y como proyecto pionero a nivel departamental para la implementación de ET como una herramienta estratégica en el plan municipal de gestión de residuos que logre suplir las necesidades a nivel local, aumentando la calidad y cobertura del servicio con una vida útil a 30 años.

Una de las ventajas de las ET y que se usa comúnmente es la posibilidad de usarlas como centros multipropósito, esto significa que, incluyen el almacenamiento y segregación de materiales reciclables, y en algunos casos almacenamiento de residuos peligrosos y puntos de recolección de material orgánico para compostaje. Para el caso de la instalación de la ET en el municipio de Fusagasugá se plantea el almacenamiento de material aprovechable u reciclable y la instalación de un “ punto verde” en el cual los ciudadanos puedan llevar materiales sujetos a posconsumo tales como: pilas, luminarias, baterías de auto, medicamentos vencidos, RAEEES menores.

Al analizar los requisitos legales y verificar la probabilidad de la instalación de la ET, el Municipio de Fusagasugá cumple con los lineamientos requeridos para este proyecto. Otro aspecto es el dar cumplimiento a lo contemplado en el POT, por lo tanto la Estación de Transferencia se ubicaría en la comuna San Antonio al Sur-Occidente del municipio.

**Para la implementación de la ET se requiere una inversión inicial de \$2'548.055.500 pesos col (U\$821.954).** De acuerdo a la cantidad de residuos generados en el municipio y el crecimiento estimado es viable construir una ET, que garantizara el cubrimiento de los costos variables en el corto plazo en las tarifas de transporte sin incurrir en pérdidas económicas.

La implementación de una ET en el municipio tendrá como beneficios el ahorro de costos de transporte para unidades de recolección, la liberación de unidades de recolección que permitirán un aumento en la capacidad del servicio. El diseño de la ET, permite cubrir la totalidad el área rural y urbana del municipio y con posibilidades de prestar el servicio a los municipios cercanos. La ET en el municipio es concebida como una solución costo eficiente al manejo, recolección y transporte de residuos sólidos

La ubicación ideal de esta instalación en el municipio en cumplimiento a la regulación vigente es en el municipio de San Antonio, lote 2 el cual se encuentra cerca a la población servida y a otros municipios en los cuales se puede ofrecer el servicio, de igual forma esta ubicación se encuentra sobre la ruta que conduce al relleno nuevo Mondoñedo.

La instalación de la ET en el municipio de Fusagasugá aumentará en 63% la capacidad actual de recolección, cubriendo la totalidad el área rural y urbana del municipio y con posibilidades de prestar el servicio a los municipios cercanos.

De acuerdo a la proyección económica realizada, la proyección de inversión es efectuable según la TIR Modif, ya que genera una rentabilidad superior a la exigida ( $16\% > 9,71\%$ ), la implementación de la ET presenta utilidades brutas positivas crecientes, con lo cual la inversión en el proyecto es favorable.

**Para la implementación de la ET se requiere una inversión inicial de \$ 5'176.409.035 pesos colombianos (1'725.469 USD),** este valor corresponde al costo del terreno, la construcción, y la compra de vehículos, el pago de salarios.

**En términos ambientales,** se han identificados como los mayores impactos: la generación de efluentes, emisiones gaseosas, generación de olores, aumento de vectores y voladores, generación de ruido y aumento de presencia física. Para estos impactos se definió un plan de manejo ambiental con las herramientas de gestión necesarias para asegurar que los impactos de las actividades llevadas a cabo en cada una de las etapas del proyecto de instalación de la ET sobre los componentes del medio físico, biótico y socioeconómico, sean prevenidos, controlados, mitigados o compensados.

## BIBLIOGRAFÍA

AIDIS, OPS, BID. (2010). *Evaluación Regional del Manejo de Residuos Sólidos Urbanos en América Latina y el Caribe 2010*. Lima.

Alcaldía de Fusagasugá. *FUSAGASUGA, CONTIGO CONTODO*. [Consulta en Línea]

[Consulta: 10/07/2015]. Disponible en:

<https://es.scribd.com/doc/213009773/GENERALIDADES-MUNICIPIO-FUSAGASUGA-1>

Banco de la Republica de Colombia. *Tasas de captación semanales y mensuales*

[Documento en Línea] [banrep] [Consulta: 19/06/2016] Disponible en:

<http://www.banrep.gov.co/es/df>

Carlos Andres Daza Beltran. (2011). *Alcaldía municipal Fusagasugá Plan de Desarrollo Municipal 2012-2015*. [Documento en Línea]. [Fusagasugá]

[Consulta: 22/10/2015] Alcaldía de Fusagasugá. Disponible en:

<http://www.fusagasuga-cundinamarca.gov.co/>

CACC Climate and Air Clean Coalition. *Solid Waste in Rio de Janeiro* [Documento en

Línea]. [Consulta: 22/11/2015]. Climate and Air Clean Coalition Municipal

Solid Waste Initiative. Disponible en: <http://waste.ccac->

[knowledge.net/sites/default/files/files/city\\_fact\\_sheet/Rio\\_MS\\_W\\_FactSheet\\_0.pdf](http://waste.ccac-knowledge.net/sites/default/files/files/city_fact_sheet/Rio_MS_W_FactSheet_0.pdf)

Centro de Estudios sobre Desarrollo Económico CEDE, Universidad de los Andes.

*Estrategia sobre ubicación y funcionamiento de estaciones de transferencia*

*para el manejo de residuos solidos en Colombia* (2010). Documentos CEDE, págs. 4-20.

Colombia, R. d. (1991). *Constitución Política de Colombia*. Bogota: Presidencia de la República.

Comision de Regulación Agua Potable y Saneamiento Básico -CRA-. (9 de Julio de 2015). Resolución 720 de 2015. *Régimen de regulación tarifaria para empresas prestadoras del servicio publico de aseo*. Bogotá, Cundinamarca, Colombia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. *Censo general 2005* [Consulta en Línea] [Consulta:22/05/2015]. Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE. Disponible en: <http://www.dane.gov.co/index.php/poblacion-y-demografia/censos>

Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos. *Empresa Pública Metropolitana de Gestión Integral de Residuos Sólidos EMGIRS-EP* . [Consulta en Línea] [Consulta:23/04/2014]. Disponible en: <http://www.emgirs.gob.ec/index.php/quienes-somos/la-empresa>

Eurostat Press Office . (2015). *Each person in the EU generated 481 kg of Waste*.  
Eurostat .

Fontán, C. A. (2009). Estaciones de transferencia de residuos sólidos urbanos. *Primer ciclo de conferencias sobre residuos solidos urbanos* (págs. 3-18). Buenos Aires: Observatorio Nacional para la gestión de residuos solidos urbanos.

INSO, CORANTIOQUIA, GIGA- Universidad de Antioquia. (2006). *Formulación del plan de gestión integral de residuos en el Valle de Aburra*. (Págs. 33-50).  
Medellin.

Jacobi, P. R., & Besen, G. R. *Solid Waste Management in São Paulo: The challenges of sustainability (2011)* [Consulta en Línea] [ Consulta: 4/10/2015] . *SCIELO*.  
Disponible  
en:[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142011000100010&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010340142011000100010&script=sci_arttext&tlng=en)

Julia Carabias Lillo, G. Q. (1996). *Estaciones de Transferencia de residuos sólidos en areas urbanas*. Mexico: Instituto Nacional de Ecología.

Katherine Varón Valencia, J. P. (2012). LOCALIZACIÓN DE ESTACIONES DE TRANSFERENCIA DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPALES CON RECUPERACIÓN DE MATERIALES. *III Conferencia Internacional de Gestión de Residuos Sólidos*, (págs. 1-10).

Kokusai Kogyo Co. Ltd, . (2013). *Proyecto de Estudio del Plan Maestro para manejo Integral de residuos solidos en Bogota D.C.* Bogotá.

Leandro, S. (2003). *Proyecto de instalación de una estación de transferencia en la ciudad de Cuenca, Ecuador.* Lima: CEPIS.

Lozano, A. J. (2007). *Régimen Ambiental.* Bogotá: ECOE EDICIONES.

Ministerio de Medio Ambiente. (1993). *Ley 99 de 1993.* Bogotá: Ministerio de Medio Ambiente.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2013) *Gestión integral de residuos sólidos* [Consulta en Línea] [Consulta: 11/03/2016]. Disponible en: <http://www.minambiente.gov.co//contenido/contenido.aspx?catID=1273&conID=7727>

Ministerio de Transporte, Dirección de transporte y tránsito, subdirección de transporte, grupo de investigación y desarrollo en transporte. (2007). *Estructura de costos de operación vehicular.* Bogotá: Ministerio de Transporte República de Colombia .

Ministerio de Vivienda . (2014). *Planes de gestión integral de residuos solidos – PGIRS.* [Consulta en Línea] [ Consulta : 25/11/2015] Ministerio de Vivienda. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co/viceministerios/viceministerio-de-agua/planes-de-gestion-integral-de-residuos-solidos>

Ministerio Medio Ambiente Gobierno de Chile. (2011). *Informe del Estado del Medio Ambiente 2011* [Consulta en Línea] [ Consulta : 25/11/2015] . *Ministerio Medio Ambiente Gobierno de Chile*. Disponible en: [http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016\\_Capitulo\\_3.pdf](http://www.mma.gob.cl/1304/articles-52016_Capitulo_3.pdf)

Paez, J. T. (2008). *Metodología para el Diseño de una estación de transferencia de residuos solidos en area urbanas*. Quito, Ecuador: UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK.

Paez, J. t. (2014). *Metodología para el diseño de una Estación de Transferencia de residuos solidos en áreas urbanas*. [Consulta en Línea] [Consulta: 22/08/2016] Disponible en : [http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/437/1/TESIS\\_JTP\\_fin\\_al%5B1%5D%5B1%5D.pdf](http://repositorio.uisek.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/437/1/TESIS_JTP_fin_al%5B1%5D%5B1%5D.pdf)

Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Fusagasugá. (2011) *Diagnóstico del Subsistema biofisico*. [Documento en Línea] [Fusagasugá] [Consulta: 18 /02/ 2015]. *Municipio de Fusagasugá*. Disponible en: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20E2%80%93%20fusagasuga%20E2%80%93%20cundinamarca%20E2%80%93%20subsistema%20biof%20C3%ADsico%20E2%80%93%20\(78%20p%20C3%A1g%20E2%80%93%20352%20kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/pot%20E2%80%93%20fusagasuga%20E2%80%93%20cundinamarca%20E2%80%93%20subsistema%20biof%20C3%ADsico%20E2%80%93%20(78%20p%20C3%A1g%20E2%80%93%20352%20kb).pdf)

Presidencia de la Republica de Colombia. (2002). *Decreto 1713 de 2002*.

Ramón Companys Pascual, A. C. (1988). *Planificación y rentabilidad de proyectos industriales*. Barcelona, España: Marcombo Boixareu editores

Relima Ambiental S.A. (2014). *Huaynacapac planta de transferencia* [ Consulta en Línea] [Consulta: 30/04/2015] Relima. Disponible en:

[http://www.relima.com.pe/pdf/esp/pptt\\_Huaynacapac.pdf](http://www.relima.com.pe/pdf/esp/pptt_Huaynacapac.pdf)

Robinson, W. D. (1986). *the solid waste handbook*. John Wiley & Sons.

Sanchez Gomez Jorge, E. N. (1996). *Estaciones de Tranferencia de Residuos sólidos en áreas urbanas*. Mexico D.F: Instituto Nacional de Ecología.

Secretaria de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. (1996). *Estaciones de transferencia de residuos solidos en areas urbanas*. Mexico: Instituto Nacional de Ecología.

Secretaria del Medio Ambiente Ciudad de Mexico. (2013). *Inventario de Residuos Sólidos 2013*: Ciudad de México. [Consulta en Línea] [ Consulta: 24/04/2016] Disponible en : Obtenido de <http://www.sedema.df.gob.mx/sedema/index.php/temas-ambientales/programas-generales/residuos-solidos>

Sepulveda, F. (2008). *Evaluación de proyectos*. Santiago de Chile: Universidad Catolica de Chile.

Sobse, Ciudad de Mexico. (2014) *Recolección, transferencia, selección y disposición final*. [Consulta en Línea] [ Consulta:04/06/2016] . Secretaria de obras y

servicios SOBSE. Disponible en: <http://www.obras.df.gob.mx/recoleccion-transferencia-seleccion-y-disposicion-final/>

Solid waste Association North America. (2008). *Alberta transfer station technical guidance manual*. [Consulta en línea] [Consulta: 23/12/2015] Alberta environment. Disponible en: <http://www.environment.gov.ab.ca>

Solid Waste Association North America. (2014). *Alberta Transfer Station Technical Guidance Manual*. [Consulta en línea] [Consulta: 23/12/2015] Alberta environment. Disponible en: <http://www.environment.gov.ab.ca>

Solid Waste Association of North America. (2001). *Transfer Systems Management Training course*. Washington DC: SWANA.

Subsecretaria de Educacion, Coordinacion ejecutiva para el Desarrollo Sustentable. (2010). *Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos*. [Consulta en Línea] [Consulta: 22/02/2016]. Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable OPDS. Disponible en: [http://www.opds.gba.gov.ar/uploaded/File/residuos\\_03\\_10.pdf](http://www.opds.gba.gov.ar/uploaded/File/residuos_03_10.pdf)

Tchobanoglous, T. (1994). *Gestion Integral de Residuos Solidos*. Mc Graw Hill.

United States Environmental Protection Agency. (2001). *Decision-Makers Guide to Solid Waste Management*. Washington DC: EPA.

Universidad Nacional de Colombia, Alcaldía de Fusagasugá. (2014). *Plan de ordenamiento territorial Diagnostico Fusagasugá*. [Consulta en Línea] [Consulta: 24/08/2016] Fusagasugá. Disponible en: [http://fusagasuga-cundinamarca.gov.co/potparticipativo/Docs/f\\_componente\\_socioeconomico.pdf](http://fusagasuga-cundinamarca.gov.co/potparticipativo/Docs/f_componente_socioeconomico.pdf)

Valenzuela, D. C. (2013). No hay dónde enterrar tanta basura. *El Espectador*.

## ANEXOS

## ANEXO 1. Encuesta

ENCUESTA MANEJO RESIDUOS SOLIDOS FUSAGASUGA						
FECHA (dia/mes/año)						
NOMBRE ó EMPRESA /RAZON SOCIAL				ACTIVIDAD		
DIRECCIÓN				TIPO INDUSTRIA (grande, mediana, pequeña)		
Datos de contacto						
persona de contacto				cargo		
email				telefono		
<p>Esta encuesta se enmarca dentro del desarrollo del proyecto de tesis de maestría titulada " estudio de la viabilidad tecnica para la instalación de una estacion de transferencia de residuos solidos urbanos en el municipio de fusagasuga, Cundinamarca, Colombia". El objetivo de la encuesta es obtener información acerca del tipo y cantidad de residuos generados en el municipio.</p> <p><b>Gracias por participar.</b></p>						
<b>1. Qué tipo de residuos se generan en su empresa y que tipo de tratamiento le da usted a los mismos;</b>						
RESIDUOS GENERADOS						
TIPO	DESCRIPCION	CANTIDAD POR MES(bolsas)	% Generación	TIPO DISPOSICION		
				servicio municipal	gestor autorizado	ninguna
PLASTICOS	Envases, empaques plasticos, botellas de bebidas					
PAPEL Y CARTON	Papel de archivo, cajas de carton, kraft, revistas, periodicos					
BARRIDO	Barrido de calles, oficinas, hojas de arboles					
ORDINARIOS	Paquetes de alimentos, recipientes con alimentos, servilleras, papel higienico					
COMBUSTIBLES	Gasolina, acpm, disel, lubricantes					
PATOGENOS/ BIOLOGICOS	Agujas, medicamentos vencidos, gasas, algodón.					
PELIGROSOS	Aerosoles y pinturas, desinfectantes, insecticidas, combustibles e impregnados, aceite e hidráulico, solventes – removedores, baterías y pilas, luminarias					
INERTES	Colchones, sillas, muebles					
CONSTRUCCION	Cemento, arena, material de desecho de obras civiles					
2.En su empresa u hogar, ¿Se clasifican los residuos?			SI		NO	
3. Si se clasifican, ¿Qué tipo de residuos clasifican?						
¿A quien entregan estos residuos?						
4.¿ Cuantas veces a la semana pasa el servicio de recoleccion por su empresa u hogar?						
5. Si Tiene algun comentario acerca de este servicio, por favor explique						
Gracias por su tiempo, su información es de valiosa importancia para el desarrollo de este trabajo.						