

**OPTIMIZACIÓN TÉCNICA OPERATIVA DE LA PLANTA DE MANEJO  
INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE GUADUAS  
CUNDINAMARCA. ASOCIADA A UN PROGRAMA DE SEPARACIÓN EN LA  
FUENTE**

**CRISTIAN MAURICIO MORALES CARDONA  
JOSÉ FERNANDO GUEVARA ÁLVAREZ**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
BOGOTÁ D.C.  
2009**

**OPTIMIZACIÓN TÉCNICA OPERATIVA DE LA PLANTA DE MANEJO  
INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE GUADUAS  
CUNDINAMARCA. ASOCIADA A UN PROGRAMA DE SEPARACIÓN EN LA  
FUENTE**

**CRISTIAN MAURICIO MORALES CARDONA  
JOSÉ FERNANDO GUEVARA ÁLVAREZ**

**PROYECTO DE GRADO  
Para obtener el título de ingenieros ambientales y sanitarios.**

**Director**

**Ing. M.Sc. RUBÉN DARÍO LONDOÑO**

**UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
BOGOTÁ D.C.  
2009**

**Notas de aceptación:**

---

---

---

---

---

---

---

**Director:**  
**Ing. M.Sc. Rubén Darío Londoño**

---

**Firma Jurado 1:**

---

**Firma Jurado 2:**

**Bogotá D.C. Noviembre de 2009**

*A Dios porque me permitió equivocarme y me dio la mano para seguir adelante en  
busca de la felicidad y mi superación.*

*A mis papás por que siempre estuvieron para apoyarme y corregirme buscando mi  
realización como persona y profesional.*

*A toda mi familia porque a pesar de la distancia y las diferencias han estado  
pendientes y preocupados por apoyarme para salir adelante en cualquier  
situación.*

*A mis abuelas porque son el mejor ejemplo de perseverancia, humildad, sencillez y  
sabiduría que he tenido en toda mi vida*

*A mis hermanos porque me han enseñado la responsabilidad.*

*A mi compañero de tesis, por su paciencia y compañerismo durante todo el  
desarrollo de este trabajo.*

*Crístian Maurício Morales Cardona*

Agradezco a mi querida familia que siempre me ha apoyado y estimulado, en especial a mis padres, a quienes agradezco profundamente este logro  
A mis compañeros de estudio.  
A mi tutor, MSc. Rubén Londoño.  
A los maestros de la FIAS por los valiosos conocimientos adquiridos

*José Fernando Guevara Álvarez*

## **AGRADECIMIENTOS**

A DIOS por guiarnos y acompañarnos en nuestra vida como estudiantes.

A nuestros padres por apoyarnos para alcanzar este gran logro.

A nuestro director de tesis, el Ingeniero Rubén Darío Londoño, por orientarnos en el proyecto de grado.

A los profesores de la FIAS por todos sus aportes a nuestros conocimientos

A la administración municipal de Guaduas por abrirnos el espacio para llevar a cabo la tesis.

A Fabianita y Adriana por su gran colaboración, amabilidad y sencillez

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	4
3.1 GENERAL	4
3.2 ESPECÍFICOS	4
4. MARCO DE REFERENCIA	5
4.1 MARCO LEGAL	5
4.1.1 Leyes	5
4.1.2 Decretos	5
4.1.3 Resoluciones	6
4.2 MARCO TEÓRICO	6
4.2.1 Metodología de Muestreo para la Caracterización física de los Residuos Sólidos Municipales	6
4.2.1.1 Procedimiento	7
4.2.2 Población y muestra	7
5. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE GUADUAS	10
5.1 Reseña Histórica del Municipio	10
5.2 Localización del Municipio	11
5.3 Climatología	12
5.3.1 Temperatura	13
5.3.2 Precipitación	13
5.3.3 Brillo Solar	13
5.3.4 Humedad Relativa	13
5.4 Hidrología	14
5.5 Topografía	15

5.6 Geología	15
5.7 Uso de suelo	16
5.8 Sistema vial	16
5.9 Aspectos socioeconómicos	17
5.9.1 Principales Actividades Económicas del Municipio	17
5.9.2 División Política	18
5.9.3 Educación	20
5.9.4 Salud	21
5.10 Cultura y Turismo	21
5.11 Medio Ambiente	22
6. DIAGNOSTICO	23
6.1 Diagnostico de Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el municipio Guaduas	23
6.1.1 Diagnostico Administrativo	23
6.1.1.1 Personal	24
6.1.1.2 Funciones para la Prestación del Servicio Público de Aseo	24
6.1.1.3 Usuarios del Servicio Público de Aseo	27
6.1.1.4 Aspectos Económicos	28
6.1.1.5 Tarifas Servicio de Aseo	29
6.1.2 Diagnostico Técnico Operativo del Servicio de Aseo	29
6.1.2.1 Generación de Residuos Sólidos	29
6.1.2.2 Separación en la Fuente	31
6.1.2.3 Presentación de los Residuos Sólidos Domiciliarios	31
6.1.2.4 Recolección y Transporte	31
6.1.2.4.1 Cobertura	31
6.1.2.4.2 Frecuencia	32
6.1.2.4.3 Equipos	32
6.1.2.5 Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Publicas	34
6.1.2.5.1 Frecuencia	34
6.1.2.5.2 Equipos	35
6.1.2.6 Aprovechamiento	35
6.1.2.7 Disposición Final	35
6.1.2.8 Residuos Peligrosos	36
6.1.3 Oportunidades de Mejoramiento de la Gestión Integral de Residuos Sólidos	36
6.2 Situación Actual de la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS)	37



6.2.1	Sistema técnico y operativo	38
6.2.1.1	Localización de la PMIRS	38
6.2.1.2	Planta general	38
6.2.2	Estado actual de la PMIRS.	40
6.2.3	Estudio de Tiempos y Movimientos	42
6.2.3.1	Identificación de Causas del Problema	43
6.2.3.2	Lectura del Diagrama Causa Efecto	43
6.2.3.3	Cursograma Analítico de Tiempos y Movimientos	44
6.2.3.4	Lectura del Cursograma Analítico	48
6.2.4	Área de Descargue	49
6.2.5	Área de Separación de Residuos	49
6.2.6	Área de Almacenamiento	50
6.2.7	Área de Compostaje	50
6.2.8	Área de Lombricompostaje	51
6.2.9	Área de Cernido de Humus	52
6.2.10	Horno Incinerador	53
6.2.11	Oportunidades de Mejoramiento en la PMIRS	53
6.3	Caracterizaciones Fisicoquímicas y Pruebas en Campo	54
6.3.1	Caracterización Cuerpos Hídricos Impactados	55
6.3.1.1	Análisis de Resultados	56
6.3.2	Caracterización Química de los Residuos Sólido Municipales (RSM)	57
6.3.3	Caracterización Física de los Residuos Sólidos Municipales (RSM)	57
6.3.3.1	Metodología de Muestreo	57
6.3.3.2	Tamaño de la Muestra	58
6.3.3.3	Caracterización Física de los RSM	59
6.3.4	Pruebas de Infiltración del Terreno de la PMIRS	62
6.3.4.1	Localización de las Pruebas de Infiltración	62
6.3.4.2	Prueba de infiltración 1	63
6.3.4.3	Prueba de Infiltración 2	64
6.3.4.4	Prueba de Infiltración 3	65
6.4	Proyecciones	67
6.4.1	Proyecciones de Población	67
6.4.1.1	Calculo de las Proyecciones	68
6.4.2	Proyecciones de Residuos Sólidos	69
7.	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	70
7.1	FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS	70

7.1.1	Alternativa de Optimización 1	72
7.1.1.1	Descripción	72
7.1.1.2	Aspectos Técnicos	74
7.1.1.3	Aspectos Operativos	78
7.1.1.4	Aspectos Económicos	79
7.1.1.5	Razón Beneficio/Costo	81
7.1.2	Alternativa de Optimización 2	82
7.1.2.1	Descripción	82
7.1.2.2	Aspectos Técnicos	84
7.1.2.3	Aspectos Operativos	87
7.1.2.4	Aspectos Económicos	87
7.1.2.5	Razón Beneficio/Costo	89
7.2	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA	90
7.2.1	Aspectos determinantes de la Matriz de Evaluación	91
7.2.1.1	Aspectos Económicos	91
7.2.1.2	Aspectos Técnicos y Ambientales	93
7.2.1.3	Aspectos Socioculturales	94
7.2.1	Resultados de la aplicación de la Matriz de Delimitación	96
7.2.2	Análisis de resultados y selección de alternativa de Manejo de Residuos Sólidos	98
7.3	DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA SELECCIONADA	100
7.3.1	Optimización del Sistema Técnico	100
7.3.1.1	Área de Descargue y Separación	100
7.3.1.2	Área de Almacenamiento	103
7.3.1.3	Área de Aprovechamiento	104
7.3.1.4	Área de Incineración	105
7.3.1.5	Áreas Comunes	105
7.3.2	Optimización Del Sistema Operativo	106
7.3.2.1	Horarios y Turnos de Trabajo	106
7.3.2.2	Funciones del Personal Operativo	108
8.	PROGRAMA PILOTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL “GUADUAS VILLA ECOLÓGICA”	109
8.1	OBJETIVOS	109
8.1.1	General	109
8.1.2	Específicos	109
8.2	ALCANCES	109

8.3	ESTRUCTURA DEL PROGRAMA	109
8.3.1	Modulo 1: Estrategia de Convocatoria	109
8.3.2	Modulo 2: Concienciación Ambiental	110
8.3.3	Modulo 3: Jornadas Prácticas	111
8.4	CONTENIDOS PROGRAMÁTICOS MÍNIMOS	112
8.4.1	Taller 1: Residuos Sólidos Orgánicos, Aprovechables y No Aprovechables	112
8.4.2	Taller 2: Separación en la Fuente (Reducir, Reutilizar y Reciclar)	113
8.4.3	Taller 3: Beneficios de la Separación en la Fuente (Reducir, Reutilizar y Reciclar)	113
8.4.4	Taller 4: Reservas Naturales	114
8.5	ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS	114
8.5.1	Metodología Aprender Haciendo	115
8.5.2	Talleres	115
8.5.3	Salida de Campo	116
8.6	AYUDAS PEDAGÓGICAS	117
8.6.1	Volantes	117
8.6.2	Plegables	117
8.6.3	Adhesivos	117
8.6.4	Afiches	117
8.6.5	Bolsas Plásticas	117
8.7	ENCUESTA EVALUACIÓN DEL PROGRAMA	118
8.7.1	Pregunta 1	119
8.7.2	Pregunta 2	119
8.7.3	Pregunta 3	120
8.7.4	Pregunta 4	120
8.7.5	Pregunta 5	121
8.7.6	Pregunta 6	122
8.7.7	Pregunta 7	122
	CONCLUSIONES	124
	RECOMENDACIONES	126
	BIBLIOGRAFÍA	127

## **LISTA DE ANEXOS**

- A1 MANUAL DE OPERACIÓN PMIRS
- A2 CANTIDADES DE OBRA (ALTERNATIVA 1 Y 2)
- A3 ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (ALTERNATIVA 1 Y 2)
- A4 PLANOS AUTOCAD ESTRUCTURAS ACTUALES PMIRS GUADUAS
- A5 PLANOS AUTOCAD ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN ÁREA DE DESCARGUE Y SEPARACIÓN
- A6 PLANOS AUTOCAD ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN ÁREA DE ALMACENAMIENTO
- A7 PLANOS AUTOCAD ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN ÁREA DE COMPOSTAJE
- A8 PLANOS AUTOCAD ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN ÁREA DE LOMBRICOMPOSTAJE
- A9 PLANOS AUTOCAD ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN ÁREA DE CERNIDO DE HUMUS

## LISTA DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
CUADRO 5. 1 Estaciones Climatológicas del Municipio	12
CUADRO 5. 2 Medición de Longitud de Drenajes Municipio de Guaduas	14
CUADRO 5. 3 Estado y distancia de las vías que comunican a Guaduas Con otros Municipios	17
CUADRO 5. 4 División Política Cabecera Municipal	18
CUADRO 5. 5 División Política área Rural	19
CUADRO 5. 6 Inspecciones de Guaduas	20
CUADRO 5. 7 Características del Sistema Educativo Municipal	20
CUADRO 5.8 Equipamiento Cultural y Turístico del Municipio	21
CUADRO 5.9 Cuencas y Subcuencas	22
CUADRO 5. 10 Áreas de importancia Ambiental	22
CUADRO 6. 1 Funciones asignadas al personal encargado de la administración y operación del servicio de aseo	25
CUADRO 6. 2 Tarifas Servicio de Aseo Municipio de Guaduas	29
CUADRO 6. 3 Programas y proyectos de Educación Ambiental PGIRS	31
CUADRO 6. 4 Cobertura recolección de Residuos Sólidos en Guaduas	31
CUADRO 6. 5 Frecuencia de Recolección de Residuos Sólidos	32
CUADRO 6. 6 Vehículos utilizados para la recolección y transporte de los Residuos Sólidos	33
CUADRO 6. 7 Descripción de los Vehículos para la Recolección y el Transporte	33
CUADRO 6. 8 Frecuencia de Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas	34
CUADRO 6. 9 Oportunidad de Mejoramiento Gestión de los Residuos Sólidos Municipio de Guaduas	36
CUADRO 6. 10 Lista de chequeo	40
CUADRO 6. 11 Análisis de tiempos	45
CUADRO 6. 12 Cursograma Analítico de Tiempos y Movimientos	47
CUADRO 6. 13 Oportunidades de Mejoramiento PMIRS	54
CUADRO 6. 14 Análisis aguas arriba del Vertimiento	55
CUADRO 6. 15 Análisis aguas abajo del Vertimiento	55
CUADRO 6. 16 Análisis de Lixiviados	56
CUADRO 6. 17 Análisis Químico de los Residuos Sólidos	57
CUADRO 6. 18 Información para el cálculo del tamaño de la Muestra	58
CUADRO 6. 19 Tamaño de la muestra	58
CUADRO 6. 20 Localización pruebas de Infiltración PMIRS	63

CUADRO 6. 21 Datos tomados en prueba de infiltración 1	63
CUADRO 6. 22 Datos tomados en prueba de infiltración 2	65
CUADRO 6. 23 Datos tomados de prueba de infiltración 3	66
CUADRO 6. 24 Censos de población del Municipio de Guaduas	68
CUADRO 6. 25 Proyección de la población del Municipio de Guaduas	68
CUADRO 6. 26 Proyección de generación de Residuos Sólidos en el Municipio de Guaduas	69
CUADRO 7. 1 Descripción de la alternativa de optimización	72
CUADRO 7. 2 Ventajas de la alternativa 1	74
CUADRO 7. 3 Descripción de la alternativa de optimización 2	82
CUADRO 7. 4 Ventajas de la alternativa 2	83
CUADRO 7. 5 Costos estimados de inversión para cada una de las alternativas de gestión de los residuos sólidos en el municipio de Guaduas	92
CUADRO 7. 6 Costos de la operación anual para cada una de las alternativas de optimización de la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos en el municipio de Guaduas	93
CUADRO 7. 7 Número total de empleados en cada una de las alternativas Optimización	95
CUADRO 7. 8 Indicadores utilizados en la creación de la matriz de delimitación de la alternativa de optimización de la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos	96
CUADRO 7. 9 Análisis beneficio de la alternativa 1.	99
CUADRO 7. 10 Especificaciones técnicas placa en concreto	100
CUADRO 7. 11 Especificaciones técnicas cubierta	100
CUADRO 7. 12 Especificaciones técnicas vías de acceso a descargue	101
CUADRO 7. 13 Especificaciones técnicas ampliación de muro	101
CUADRO 7. 14 Especificaciones técnicas banda transportadora	101
CUADRO 7. 15 Especificaciones técnicas tolva de descarga	102
CUADRO 7. 16 Especificaciones técnicas contenedores plásticos	102
CUADRO 7. 17 Especificaciones técnicas cuartos de almacenamiento	103
CUADRO 7. 18 Especificaciones técnicas cernido y almacenamiento de Abono	103
CUADRO 7. 19 Especificaciones técnicas terrazas para compostera	104
CUADRO 7. 20 Especificaciones técnicas Lombricomposteras	104
CUADRO 7. 21 Especificaciones técnicas Lombricomposteras	105
CUADRO 7. 22 Especificaciones técnicas bascula	105
CUADRO 7. 23 Especificaciones técnicas baños y comedor	106
CUADRO 7. 24 Funciones personal operativo	106

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pag.</b>
TABLA 6.1 Suscriptores totales del Servicio de Aseo con cobro	27
TABLA 6.2 Costos mensuales Servicio de Aseo	28
TABLA 6.3 Áreas de infraestructura	39
TABLA 6.4 Producción de residuos sólidos residenciales	60
TABLA 5.5 Producción de residuos sólidos comerciales, industriales y oficiales	60
TABLA 6.6 Producción mensual de residuos sólidos en el municipio de Guaduas	60
TABLA 7.1 Costo de inversión Alternativa de optimización técnica No. 1	79
TABLA 7.2 Costo de operación anual Alternativa de optimización No. 1	80
TABLA 7.3 Ingresos anuales Alternativa de optimización No 1	80
TABLA 7.4 Costo de inversión Alternativa de Optimización técnica No. 2	88
TABLA 7.5 Costo de operación anual Alternativa de Optimización No. 2	88
TABLA 7.6 Ingresos anuales alternativa de optimización No 2	88
TABLA 7.7 Valores optimados, calificación obtenida y valores ponderados por la Aplicación de la matriz de decisión de alternativas	98

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 5. 1 Localización de Guaduas en Cundinamarca	12
Figura 5. 2 Distribución de la Economía de Guaduas	18
Figura 6. 1 Organigrama Administrativo Oficina de Servicios Públicos en el Municipio de Guaduas	23
Figura 6. 2 Organigrama Operativo Oficina de Servicios Públicos del Municipio de Guaduas	24
Figura 6. 3 Caracterización de los Residuos Sólidos del Municipio de Guaduas Cundinamarca	30
Figura 6.4 Localización PMIRS en el municipio de Guaduas	38
Figura 6.5 Distribución de áreas Planta de aprovechamiento	39
Figura 6.6 Diagrama de flujo del proceso	42
Figura 6.7 Diagrama Causa- Efecto	43
Figura 6.8 Caracterización Física de los Residuos sólidos Residenciales	61
Figura 6.9 Caracterización Física de los Residuos Sólidos Comerciales	61
Figura 6. 10 Caracterización Física de los Residuos Sólidos Oficiales	62
Figura 6.11 Grafica prueba de infiltración 1	64
Figura 6. 12 Grafica prueba de infiltración 2	65
Figura 6. 13 Grafica prueba de infiltración 3	66
Figura 7. 1 Alternativa de optimización N° 1	71
Figura 7. 2 Alternativa de optimización N° 2	71
Figura 7. 3 Alternativa de optimización N° 1	75
Figura 7. 4 Sistema operativo Alternativa de optimización N° 1	79
Figura 7. 5 Alternativa de optimización N° 2	84
Figura 7. 6 Sistema operativo Alternativa de optimización N° 2	87
Figura 8. 1 Grafica porcentajes respuestas pregunta 1 encuesta de Evaluación	119
Figura 8. 2 Grafica porcentajes respuestas pregunta 2 encuesta de Evaluación	119
Figura 8. 3 Grafica porcentajes respuestas pregunta 3 encuesta de Evaluación	120
Figura 8. 4 Grafica porcentajes respuestas pregunta 4 encuesta de Evaluación	121
Figura 8. 5 Grafica porcentajes respuestas pregunta 5 encuesta de Evaluación	121
Figura 8. 6 Grafica porcentajes respuestas pregunta 6 encuesta de Evaluación	122



Figura 8. 7 Grafica porcentajes respuestas pregunta 7 encuesta de Evaluación

## LISTA DE FOTOS

	Pag.
FOTO 6.1 Inspección de Puerto Bogotá	28
FOTO 6.2 Área poblada La Cabaña	28
FOTO 6.3 Recolección casco Urbano	32
FOTO 6.4 Compactado Mod. 2004	33
FOTO 6.5 Compactado Mod. 2009	33
FOTO 6.6 Camellón Real	34
FOTO 6.7 Plaza de la Constitución	34
FOTO 6.8 Operario Barrido de Calles	35
FOTO 6.9 Área de descargue	49
FOTO 6.10 Área de separación	50
FOTO 6.11 Cuartos de almacenamiento	50
FOTO 6.12 Pilas de compostaje	51
FOTO 6.13 Camas de lombricompostaje	52
FOTO 6.14 Área de cernido	53
FOTO 6.15 Horno incinerador	53
FOTO 6.16 Limpieza del espacio para el cuarteo	59
FOTO 6. 17 recolecciones de las muestras	59
FOTO 6.18 Mezcla de las muestras	59
FOTO 6.19 Pesaje de los residuos	59
FOTO 6.20 Montaje prueba de infiltración 1	63
FOTO 6.21 Mediciones para la excavación de la prueba de infiltración 2	64
FOTO 6.22 Saturación con Agua de la excavación	66
FOTO 8.1 Presentación obra de teatro	111
FOTO 8.2 Concurso de Logo	111
FOTO 8.3 Grupo GESMA	112
FOTO 8.4 Puerta a Puerta	112
FOTO 8.5 Talleres Barrios virreyes	115
FOTO 8.6 Policarpa y Villa Esperanza	115
FOTO 8.7 Taller de concienciación	116
FOTO 8.8 Visita a experiencia exitosa	116
FOTO 8.9 Visita a experiencia exitosa	116
FOTO 8.10 Entrada planta Nocaima	117
FOTO 8.11 Ecopuntos en el centro del M/pio	117

FOTO 8.12 Adhesivos, plegables y volantes	118
FOTO 8.13 Afiches	118
FOTO 8.14 Bolas para la separación en la fuente de los residuos sólido	118

## **INTRODUCCIÓN**

La falta de planificación del territorio ha permitido que la industrialización, el desarrollo comercial y la expansión demográfica causen grandes impactos sobre los recursos naturales por la generación incontrolada de residuos sólidos en todos los niveles. Esta afectación ha causado a lo largo del territorio Colombiano el uso insostenible de los recursos hídricos, el suelo y la atmosfera. A pesar de los esfuerzos por controlar los impactos causados por los residuos sólidos las administraciones municipales han limitado la gestión integral de los residuos sólidos domiciliarios a garantizar la recolección y el transporte de los residuos sin tener en cuenta el componente del aprovechamiento como uno de los más importantes en la prestación del servicio de aseo domiciliario. Algunos esfuerzos aislados sobre el tema se han llevado a cabo y los resultados demuestran que el aprovechamiento de los residuos trae consigo más beneficios ambientales que la utilización de los rellenos sanitarios o los ya desaprobados botaderos a cielo abierto que abundan en Colombia.

En el caso particular del municipio de Guaduas Cundinamarca, desde el año 2002 ha tratado de mejorar la gestión integral de los residuos sólidos con la construcción de una Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS). Sin embargo, en los últimos cuatro años su funcionamiento no ha sido el mejor y presenta serios problemas en la operación de la misma. Estos problemas han sido reflejados en la baja calidad del humus, la acumulación de considerables cantidades de residuos no aprovechables a la intemperie, proliferación de olores ofensivos, vectores, vertimiento de lixiviados a cuerpos hídricos (quebradas El Naranjal), alteración severa del paisaje y malestar de la población.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente proyecto tuvo como finalidad realizar una optimización técnica y operativa de la PMIRS. Para cumplir este objetivo general se plantearon cuatro objetivos específicos, se realizó un marco de referencia compuesto por un marco legal y un marco teórico así como se establecieron las generalidades del municipio de Guaduas. En el capítulo seis se encuentra el diagnóstico; La primera parte tendrá en cuenta la situación actual de la Gestión Integral de los residuos sólidos en el municipio y la segunda parte el funcionamiento técnico y operativo de la planta. Seguido del diagnóstico se formularon y evaluaron dos alternativas de optimización que incluyen aspectos técnicos, operativos, sociales, ambientales y económicos dentro de cada propuesta, que se valoró a través de un estudio de prefactibilidad propuesto por el Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo territorial (MAVDT), esta evaluación permitió determinar la opción más viable para el municipio de Guaduas en todos los aspectos.

Vinculando la educación ambiental como un factor determinante para el funcionamiento de la PMIRS el capítulo ocho desarrollará el programa piloto de educación ambiental “Guaduas Villa Ecológica” que permite comprometer a la comunidad en el manejo integral y responsable de sus residuos sólidos. Al final del documento en los anexos, se encontrará el manual de operación de la propuesta seleccionada en el estudio de factibilidad, Las cantidades de obra de cada alternativa, sus precios unitarios, así como los planos de las áreas actuales de la PMIRS y los planos de los diseños de la alternativa de optimización de cada área.

Al finalizar el documento se encontrarán las conclusiones, recomendaciones y bibliografía que se consultó a lo largo de la elaboración del proyecto.

El trabajo que aquí se presenta fue desarrollado como un aporte técnico y académico para potenciar la infraestructura con que cuenta el municipio de Guaduas en lo que respecta al aprovechamiento de sus residuos sólidos

domiciliarios, en tal virtud la implementación de los resultados que arrojo el estudio es potestad de la alcaldía municipal de Guaduas y en ningún caso deberá entenderse que los autores del presente trabajo tienen responsabilidad.

## **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

¿Cómo solucionar el incorrecto manejo de residuos sólidos municipales al interior de la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos del municipio de Guaduas?

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

A nivel nacional el manejo integral de residuos sólidos, acentúa cada vez más la problemática ambiental, pues al carecer de lineamientos normativos, el manejo de estos se convierte en una problemática regional, municipal y local que requiere de un especial análisis y que al afectar la salud y bienestar de la población, es necesario dar una solución pronta al manejo integral de los residuos.

El manejo integral de los residuos sólidos en los municipios, se ve seriamente afectado por la no separación adecuada en la fuente, la cual conlleva a un elevado aumento de residuos en los sitios de separación o disposición final, como las plantas de manejo integral de residuos sólidos, en las cuales se realiza una separación inadecuada de residuos aprovechables y no aprovechables. En estas, se refleja la ausencia de lineamientos que nos proporcionen una carta de navegación en el manejo de los residuos sólidos, ya que su operación es precaria, generando así un impacto negativo sobre el medio ambiente.

Este es el caso de la planta de manejo integral de residuos sólidos del municipio de Guaduas Cundinamarca, la cual es un ejemplo verídico sobre la precaria situación ambiental que vivimos actualmente. En esta, encontramos una serie de problemáticas medioambientales, generadas por un mal diseño técnico operativo, como la afectación directa sobre cuerpos de agua superficial y subterránea, suelo y aire, además de generar malestar en la población y contribuir a un deterioro de las condiciones de vida, especialmente a la salud pública. Esta no cuenta con

áreas apropiadas para su manejo integral, dando lugar a la proliferación de vectores y aves de carroña.



1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1

## **2. JUSTIFICACIÓN**

El manejo integral de residuos sólidos, juega un importante papel en torno a la administración pública de los municipios y ciudades de cualquier país, dado que su incorrecto manejo es la raíz de múltiples problemáticas sociales, medioambientales, de salud pública y demás.

Esta problemática se presenta en el municipio de Guaduas, en donde sus residuos no son separados correctamente, generando así, problemas técnicos y operativos en la planta de aprovechamiento.

Por medio de la optimización técnica y operativa de la planta, y un programa piloto de separación en la fuente, se pretende generar una sensibilización de la comunidad frente al manejo de residuos y los impactos causados por su incorrecta manipulación, clasificación y separación.

2. JUSTIFICACIÓN .....	3
------------------------	---

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 GENERAL**

Diseñar técnica y operativamente la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos del municipio de Guaduas.

#### **3.2 ESPECÍFICOS**

- Diagnosticar la situación técnica y operacional de la PMIRS
- Realizar un diseño técnico operativo de la Planta.
- Diseñar e implementar un programa de capacitación y educación ambiental
- Realizar un estudio de prefactibilidad técnica.

3. OBJETIVOS .....	4
3.1 GENERAL.....	4
3.2 ESPECÍFICOS.....	4

## **4. MARCO DE REFERENCIA**

### **4.1 MARCO LEGAL**

A continuación se citaran todas la normatividad que fue consultada para el desarrollo del presente trabajo de grado.

#### **4.1.1 Leyes**

- Decreto – Ley 2811 de 1974 (reglamentado parcialmente por los Decretos 1715 de 1978, 1741 de 1978, y 02 de 1982) por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente.
- Ley 09 de 1979. Por la cual se dictan medidas sanitarias. Código Sanitario Nacional
- Ley 99 de 1993. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental – SINA – y se dictan otras disposiciones.
- Ley 142 de 1994. Por la cual se establece la regulación de los Servicios Públicos Domiciliarios
- Ley 286 de 1996. Por la cual se modifica parcialmente la Ley 142 de 1994.
- Ley 1259 de 2008. Por medio de la cual se instaura en el territorio nacional la aplicación del comparendo ambiental a los infractores de las normas de aseo, limpieza y recolección de escombros; y se dictan otras disposiciones.

#### **4.1.2 Decretos**

- Decreto 1594 de 1984. MINAGRICULTURA – MINSALUD. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III - Libro I - del Decreto - Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos.
- Decreto 1713 de 2002. MINAMBIENTE. Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto – Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la gestión integral de residuos sólidos.
- Decreto 1140 de 2003. MINAMBIENTE. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002 en relación con el tema de las unidades de almacenamiento y se dictan otras disposiciones.

- Decreto 1505 de 2003. MINAMBIENTE. Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 1713 de 2002 en relación con los planes de gestión integral de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 838 de 2005. MAVDT. Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones.
- Decreto 1220 de 2005. MAVDT. Por el cual se reglamenta el Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre licencias ambientales

#### **4.1.3 Resoluciones**

- Resolución 541 de 1994. MINAMBIENTE. Por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y carga orgánica, suelo y subsuelo de excavación.
- Resolución 0150 de 2003. Instituto Colombiano Agropecuario – ICA. Por la cual se adopta el Reglamento técnico de fertilizantes y acondicionadores de suelo para Colombia
- Resolución 1045 de 2003. MINAMBIENTE. Por la cual se adopta la metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos – PGIRS y se toman otras determinaciones.
- Resolución 1390 del 2005. MAVDT. Por la que se establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final a que hace referencia el artículo 31 de la Resolución 1045 del 2003 del Ministerio de Medio Ambiente que no cumplan

### **4.2 MARCO TEÓRICO**

#### **4.2.1 Metodología de Muestreo para la Caracterización física de los Residuos Sólidos Municipales**

La metodología establecida para la caracterización de los residuos sólidos del municipio de Guaduas es la planteada por el Centro Panamericano de ingeniería Sanitaria y ciencias Ambientales CEPIS del año 2005.

Los parámetros más importantes del método a tener en cuenta son:

- El muestreo deberá comprender, como mínimo, un periodo de ocho días.

- El muestreo estratificado es el método más comúnmente utilizado para la selección de la muestra, ya que asegura que cada vivienda de un estrato tenga la misma probabilidad de ser seleccionada (Kunitoshi Sakurai, 1982).
- Los resultados de la caracterización del primer día deben descartarse, ya que, generalmente, éstos no son confiables. (Cepis, 2005).

#### 4.2.1.1 Procedimiento<sup>1</sup>

- i. Zonificar el área de estudio (ciudad, perímetro urbano, perímetro de servicios) por usos del suelo. Si esta información ya existe, no será necesario desarrollar esta labor.
- ii. Zonificar por estratos socioeconómicos las zonas residenciales.
- iii. Definir la **población de muestreo**: conjunto total de viviendas y de establecimientos comerciales al cual se le presta el servicio de aseo y, del cual, se tomará la muestra.
  - El número total de viviendas se denomina *Tamaño de la población* (N)
  - Habrá un tamaño de población para cada estrato h ( $N_h$ )
- iv. Subdividir la población de muestreo en **unidades de muestreo**: viviendas de cada uno de los estratos socioeconómicos de la ciudad y establecimientos comerciales.
  - Zonas comerciales
  - Zonas residenciales estrato 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (para el caso de Bogotá)

#### 4.2.2 Población y Muestra

El tamaño de la muestra es función de:

- **La homogeneidad** de cada una de los estratos socioeconómicos en que se subdivide la población muestral. (Si son muy homogéneos, bastará una sola muestra y, si son muy heterogéneos, la muestra debe ser muy grande).
- **El error permisible (E)** en la estimación de  $\mu$  que, por lo general, está entre 1 y 15% del valor de la media poblacional que se va a estimar.
- **La desviación estándar ( $\sigma$ )** - que es el resultado de la raíz cuadrada de la varianza de la población-. Si la desviación estándar es pequeña (población homogénea), bastará una muestra muy pequeña; mientras que si la desviación estándar es grande (población heterogénea), la muestra deberá ser grande.

---

<sup>1</sup> Notas y apuntes de clase, docente Rubén Darío Londoño Facultad de ingeniería, U de La Salle.



**Si se conoce el tamaño de la población  $N$  y su varianza  $\sigma^2$  (o esta se asume),  $n$  se calcula de la siguiente manera:**

Ecuación 4. 1

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

**Cuando no se conoce el tamaño de la población  $N$ , pero sí el valor de la varianza  $\sigma^2$  (o esta se asume),  $n$  se calcula de la siguiente manera:**

Ecuación 4. 2

$$n = \frac{\sigma^2 Z^2}{E^2}$$

Donde:

**$n$  : Tamaño de la muestra**  
 **$N$  : # total de viviendas de la ciudad**  
 **$\sigma^2$  : Varianza de la población**  
 **$Z$  : Coeficiente de confianza**  
 **$E$  : Error permisible**

Ecuación 4. 3

$$\sigma^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (X_i - \mu)^2$$

Donde:

**$\sigma^2$  : Varianza de la población**  
 **$N$  : Tamaño de la población**  
 **$X_i$  : Generación per cápita**  
 **$\mu$  : Media de la población**

Ecuación 4. 4

$$\mu = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

Donde:

**$\mu$  : Media de la población**  
 **$N$  : Tamaño de la población**  
 **$X_i$  : Generación per cápita**

Se considera que la población está conformada por N viviendas, que tienen  $R_i$  habitantes y producen un peso determinado  $W_i$  kg de basura al día. Así, se tiene que cada una produce  $X_i = W_i/R_i$  (kg/hab/d).

El coeficiente de confianza (Z) más utilizado es 1.96 para un nivel de confianza del 95%. (Cepis, 2005: Hoja de Divulgación Técnica No.97).

El valor de la varianza de la población  $\sigma^2$  se puede estimar con base en un muestreo preliminar o utilizando estimaciones que se hayan encontrado en otros estudios similares. **Si no hay datos iniciales de la ciudad, se debe asumir la desviación estándar en 200 g/hab/día.**

Ecuación 4. 5

Media de la  
Población del  
estrato h

$$\mu_h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Ecuación 4. 6

Media de la  
muestra del  
estrato h

$$\bar{x}_h = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_{ih}$$

Ecuación 4. 7

Varianza  
muestral

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Ecuación 4. 8

Media de la  
muestra

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Asignar el tamaño de la muestra de viviendas por estratos:

- a) Calcular el porcentaje de población de cada estrato con respecto al total poblacional

Ecuación 4. 9

$$q_h = N_h / N$$

- b) Asignar proporcionalmente el tamaño de la muestra para cada estrato

Ecuación 4. 10

$$n_h = n * q_h$$

4.	MARCO DE REFERENCIA .....	5
4.1	MARCO LEGAL .....	5
4.1.1	Leyes .....	5
4.1.2	Decretos.....	5
4.1.3	Resoluciones .....	6
4.2	MARCO TEÓRICO .....	6
4.2.1	Metodología de Muestreo para la Caracterización física de los Residuos Sólidos Municipales.....	6
4.2.1.1	Procedimiento.....	7
4.2.2	Población y Muestra.....	7

## **5. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE GUADUAS**

### **5.1 RESEÑA HISTÓRICA DEL MUNICIPIO**

<sup>2</sup>La Villa de San Miguel de las Guaduas nace y crece sobre el camino real que del Puerto de San Bartolomé de Honda, sobre el Río Grande de la Magdalena, conducía a Santafé de Bogotá. El camino cruzaba el cálido y acogedor valle, territorio de los indios Panches y caracterizado por la abundancia de plantas de Guadua. El pequeño poblado cobró gran importancia por los personajes que por él transitaban, así como por aquellos que allí se asentaron y tomaron parte activa en la vida Colonial y Republicana del país.

Podemos decir que la Villa tuvo tres fundaciones:

- El 20 de abril de 1572 por Don Andrés Díaz Venero de Leiva, la cual no prosperó.
- El 13 de diciembre de 1610 por Fray Tomás de Morales al fundar el Convento Franciscano de Nuestra Señora de los Ángeles, en torno del cual creció el poblado.
- El 27 de diciembre de 1644 cuando tiene lugar la fundación jurídica por el Capitán Francisco Pérez de Guzmán.

Las primeras casas fueron de bahareque y techo pajizo, luego vinieron las construcciones de adobe y teja de barro existiendo solamente de uno y dos pisos constituyendo un conjunto caracterizado por paredes blancas, pequeños zócalos, ventanas “arrodilladas” y aleros con canes de madera que evocan un pasado rico en historia y tradiciones.

El eje de la actividad del pueblo lo constituía la Plaza Mayor, llamada luego Plaza de la Constitución; sitio de encuentro de los pobladores donde acudían con sus múcuras y cañuelas a recoger agua en la fuente levantada en su centro.

Por aquí cruzaron camino a la capital, o de regreso de Santafé, los virreyes; uno de ellos José de Espeleta, gustó tanto de la Villa que en repetidas ocasiones despachaba desde aquí. La vida apacible del poblado transcurría atendiendo a los viajeros y comentando las últimas novedades que ellos comunicaban.

En la Villa de Guaduas tuvieron acogida y eco las ideas revolucionarias del líder comunero José Antonio Galán y es cuna de personajes ilustres como Policarpa Salavarrieta, la más grande heroína de la Independencia Francisco Javier Matiz

---

<sup>2</sup> Tomado del Plan de desarrollo Guaduas 2008 - 2011

“el mejor pintor de flores del mundo” como lo llamó el sabio Humboldt, Miguel Samper Agudelo, “El Gran Ciudadano”, José Joaquín Bohórquez, descubridor del petróleo en Colombia, Juan N. Corpas, destacada figura de la medicina y Alberto Hincapié Espinosa, historiador de la Villa.

El Centro Histórico de la Villa de Guaduas, fue declarado Monumento Nacional mediante la Ley 163 de 1959.

La Villa cuenta con numerosos sitios de interés turístico e histórico, para destacar: la Casa Museo de La Pola, el Convento de La Soledad, la Plaza de la Constitución, la Catedral de San Miguel Arcángel, la Casa de la Cultura, el Museo Virrey Ezpeleta, el Museo Patio del Moro, donde además de guardar piezas y elementos de las tradiciones lugareñas, permanentemente son realizadas actividades folclóricas, veladas, conferencias y tertulias.

En los alrededores del pueblo se encuentran la Piedra Capira, el Salto de Versalles, el Camino Real, la Reserva forestal de Granada, que son otros atractivos turísticos importantes. Otros sitios recreativos son su piscina de agua corriente, sus hoteles antiguos y nuevos contando éstos últimos con agradables piscinas.

La Alcaldía, el Concejo Municipal, el Centro de Historia y la comunidad promueven el rescate de la identidad cultural e histórica, la recuperación del espacio público y el mantenimiento de su patrimonio arquitectónico.

La Villa de Guaduas se proyecta hacia el futuro sin dejar de lado su pasado, que se hace real al caminar por sus calles adoquinadas y enmarcadas por los balcones de la colonia. A cada paso se recuerda un pedacito de historia y en especial una vida; la de Policarpa Salavarrieta.

## **5.2 LOCALIZACIÓN DEL MUNICIPIO**

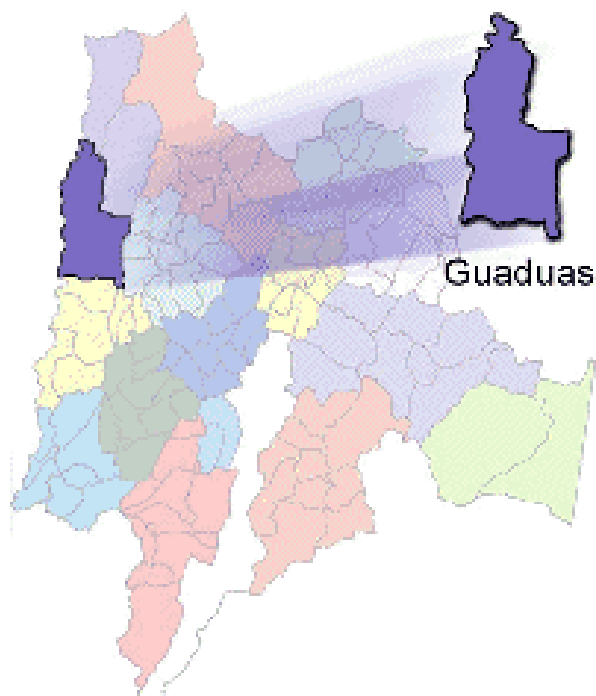
EL municipio de Guaduas está localizado al occidente del departamento de Cundinamarca. Su cabecera esta a los 5° 4`` latitud Norte y 74° 3`` de longitud oeste. Se encuentra a 115 km de la Ciudad de Bogotá sobre la vía que conduce a Medellín.

Limita por el Norte con los Municipios de Caparrapí y Puerto Salgar; por el sur con Chaguaní y Vianí; por el oriente con los Municipios de Villeta, Utica y Quebrada Negra; y por el Occidente con el Rio Magdalena y el Departamento del Tolima.

Guaduas posee un área aproximada de 75.687,26 ha, de las cuales 627,80 ha corresponden al casco urbano. La altitud sobre el nivel del mar en su cabecera es de 992 metros.

En la figura 5.1 se encuentra el mapa de ubicación del municipio de Guaduas en el departamento de Cundinamarca

Figura 5. 1 Localización de Guaduas en Cundinamarca



**FUENTE:** Pagina Web Gobernación de Cundinamarca

### 5.3 CLIMATOLOGÍA<sup>5</sup>

En el municipio de Guaduas existen tres estaciones Climatológicas que pertenecen al IDEAM, de las tres la que registra la mayor cantidad de información es la Estación El Tuscúlo. Que sirve para dar una visión colectiva de toda la zona.

En el siguiente cuadro se describen las estaciones climatológicas del municipio, según la clasificación dada por el IDEAM, institución a la que pertenecen.

CUADRO 5. 1 Estaciones Climatológicas del Municipio.

Estación	Código	Municipio	Tipo	Localización	Elevación (msnm)	Años de registros
Arranca Plumas	2123009	Guaduas	PM	0512N 7444W	245	1980 a 1998

<sup>5</sup> Plan de desarrollo Guaduas 2008 - 2011

El Paraíso	2306004	Guaduas	PM	0519N 7429W	1450	1975 a 1998
El Tuscolo	2306014	Guaduas	PM	0504N 7437W	975	1971a 1998, y 2000 a 2006

FUENTE: PBOT

### 5.3.1 Temperatura

La temperatura media del aire presenta muy pocas variaciones y sus valores fluctúan entre 19 y 24 °C, donde los meses de octubre, noviembre y diciembre presentan los valores más bajos, mientras que los meses de julio, agosto y septiembre los más altos.

### 5.3.2 Precipitación

La distribución temporal de las lluvias obedece principalmente a la influencia de los vientos alisios del nordeste y del sudeste, los cuales hacen presentar una distribución de tipo bimodal.

El año inicia con una época seca o primer período de verano en los meses de enero, febrero y parte de marzo con precipitaciones que superan 60 mm mensuales.

A finales de marzo y los meses de abril y mayo se presentan lluvias que alcanzan 215 mm mensuales en el mes de abril. Este es el primer período de invierno en el año. Los meses de junio, julio y agosto son secos, durante este segundo período de verano, se presentan las más bajas precipitaciones del año con valores de 43.5 mm mensuales para el mes de julio.

Septiembre a diciembre es el segundo período de invierno del año, donde octubre es el mes de mayores precipitaciones con valores de 228.6 mm. La precipitación total anual es de 1556.5 mm.

### 5.3.3 Brillo Solar

En el mes de julio y entre diciembre – enero se presenta el mayor registro de período seco, por lo tanto mayor insolación, Y en época húmeda los valores un promedio son de 150 horas - mes.

### 5.3.4 Humedad Relativa

La humedad relativa media se mantiene por encima del 66% mensual, hasta llegar al 81% en el mes de noviembre, descendiendo entre julio y agosto.

## 5.4 HIDROLOGÍA<sup>6</sup>

El área del municipio de Guaduas hace parte de la Cuenca Hidrográfica del Río Grande de la Magdalena Subcuenca Río Seco de las Palmas y la Cuenca del Río Negro, Subcuenca Río Guaduo. A continuación en el cuadro 5.2 se nombran las Subcuencas del municipio con sus áreas y longitudes de drenajes.

CUADRO 5. 2 Medición de Longitud de Drenajes Municipio de Guaduas

MICRO SUB CUENCA		ÁREA (Há)	LONGITUD DRENAJES (m)
1	Quebrada Santiago	7.656,50	2271.5
1.1	Quebrada La Carguera		
1.2	Quebrada San Pablito		
1.4	Quebrada Pavas		
2	Río Cambras	4351.2	982.5 4870
3	Río Seco		
3.1	Quebrada Cimarrona		
3.2	Quebrada De Los Micos		
3.3	Quebrada La Pedregosa	5704.6	1382.5
4	Río Negro Noroccidente		
4.1	Quebrada San Ramón		
4.2	Quebrada San Dionisio		
4.3	Quebrada Redentores	8830.5	2182.5
5	Río Guaduo		
5.1	Quebrada Molano		
5.2	Quebrada El Salitre		
5.3	Quebrada Cenicero	4620.6	1187.5
6	Quebrada Bermeja		
7	Río San Francisco	3547.2	905.5
7.1	Quebrada Llanadas		
7.2	Quebrada Suspiros		
8	Río Caudal	4902.6	1262.5
8.1	Río Guaduas		
8.2	Quebrada Los Ahogados		
8.3	Quebrada San Antonio		
9	Quebrada La Vieja-Santiago	3606.6	857.5
9.1	Quebrada Las Cruces		
10	Quebrada Bijagual	3450.6	885
10.1	Quebrada Totumal		
10.2	Quebrada Santa Isabel		
11	Quebrada Madrigal	3569.9	1012.5
11.1	Quebrada Dantas		
11.2	Quebrada De La Picota		
12	Quebrada La Ceiba	3008.6	1067.5
12.1	Quebrada Sargento		

**Fuente:** PBOT Guaduas 2.000

<sup>6</sup> Plan Básico de Ordenamiento Territorial PBOT Guaduas



## **5.5 TOPOGRAFÍA<sup>7</sup>**

Dentro del relieve encontramos montañas con pendientes pequeñas con inclinaciones de 12 a 25% hasta mayores de 75% ubicadas en el municipio desde el Alto del Trigo y todo el complejo montañoso del flanco occidental de la cordillera oriental, también se presenta en gran extensión valles en alturas comprendidas entre los 350 y 500 m.s.n.m. ubicados principalmente en cercanías al río Magdalena.

Dentro de los valles también encontramos otra clasificación como valles intermontañosos y de lomas que presentan una morfología de tipo torrencial con abundante capa vegetal. Guaduas presenta un clima cálido seco en altitudes menores a 1000 m.s.n.m. y temperaturas promedio superiores a 24° C, la otra franja altitudinal mayor a 1000 m.s.n.m. se puede clasificar como clima medio seco.

## **5.6 GEOLOGÍA<sup>8</sup>**

El municipio esta acentuado sobre rocas de origen principalmente sedimentario tanto de origen marino como de origen continental en el que la historia geológica pertenece a los periodos geológicos del cretáceo y terciario.

Las principales formaciones geológicas que se encuentran el Municipio de Guaduas son:

- Cretáceo. Formación cimarrona formada principalmente por. areniscas, gravas, y conglomerados, lutitas, ortocuarcital.
- Terciario: Formación seca, formada por lodolitas, areniscas, limolitas (subfeldospáticas) conglomerados, con cuarzo – alto del trigo.
- Formación San Antonio: Capas gruesas de arena y gravas arenosas con niveles de lutitas.
- Formación Limonal: Consta de una sucesión de areniscas y lutitas rojas.
- Formación la Mesa: Formada por gravas, areniscas, arcillolitas, las gravas tienen cuarzo.
- La presencia de uno a otro tipo de roca influye principalmente en las características de los suelos formados a partir de ellas.

---

<sup>7</sup> Ibid.

<sup>8</sup> Ibid.

## **5.7 USO DE SUELO<sup>9</sup>**

De conformidad con lo previsto en el capítulo IV de la Ley 388 de 1997 el suelo del municipio de Guaduas se clasifica en suelo urbano, de expansión urbana, sub-urbano, rural y de protección.

**Suelo Urbano:** Constituyen esta categoría las áreas destinadas a usos urbanos que cuentan con infraestructura vial y redes primarias de acueducto, alcantarillado y energía que están delimitadas por el perímetro de servicios públicos como la cabecera municipal, también forma parte de esta categoría de suelos las Inspecciones de La Paz, Guaduro y Puerto Bogotá.

**Suelos de Expansión Urbana:** Constituyen esta categoría las áreas destinadas a crecimiento del área urbana y que serán habilitadas, desarrolladas, urbanizadas y edificadas durante la vigencia del PBOT, En la cabecera municipal del municipio de Guaduas el área de expansión no se considera por cuanto el perímetro urbano que se determinó justifica las necesidades existentes. En Guaduro de acuerdo a las expectativas de desarrollo se considera un área de expansión y en Puerto Bogotá se deja delimitada un área de expansión hacia la vía que conduce al Municipio de Puerto Salgar.

**Suelo Rural:** Constituyen esta categoría los suelos no aptos para el uso urbano y que estarán destinados a usos agrícolas, pecuarios, forestales, mineros y actividades análogas, también Forma parte de este suelo las áreas de protección que se definan en el PBOT por lo tanto las zonas que no pertenecen a suelos urbano y de expansión rural hacen parte del suelo urbano que equivalen al 80% de municipio.

## **5.8 SISTEMA VIAL**

La longitud total de las vías en el sector urbano de Guaduas es de 20 km el 90% de esta vías son pavimentadas, en general, las vías están en buen estado con un ancho que varía entre los 4 metros y 6 metros.

Además de las vías de la cabecera municipal el municipio de Guaduas cuenta con una vía Primaria que lo comunica con la Capital de la República y la Ciudad de Medellín, también cuenta con vías secundarias sin pavimentar que comunican el municipio con sus veredas y los municipios vecinos.

En el siguiente cuadro se relacionan el sistema vial del municipio que es utilizado para comunicarse con los municipios vecinos y la capital de la república.

---

<sup>9</sup> Ibid.

CUADRO 5. 3 Estado y distancia de las vías que comunican a Guaduas con otros municipios.

Municipio	Nombre de la Vía	Estado de la vía	Distancia (Km)	Tiempo normal de recorrido (minutos)
Villeta	Autopista Bogotá - Medellín	Pavimentada	32	60
Chaguani	Central	Destapada	19	40
Caparrapi	Central	Destapada	50	90
Honda	Autopista Bogotá - Medellín	Pavimentada	32	40
Bogotá	Autopista Bogotá - Medellín	Pavimentada	105	180

FUENTE: Adaptado de Mapa de INVIAS (2.005)

## 5.9 ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS<sup>10</sup>

### 5.9.1 Principales Actividades Económicas del Municipio

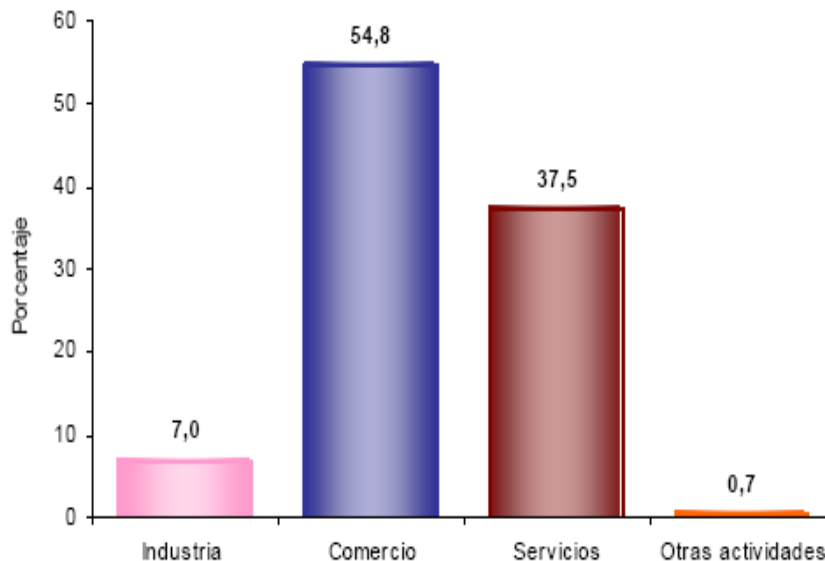
La economía del Municipio se basa en las actividades agrícolas, pecuaria, y en menor escala la industria petrolera y turística. Las actividades agrícolas tiene como primer renglón la producción de hortalizas y leguminosas. Entre la actividad pecuaria se cuenta la ganadería como la más importante, representada principalmente por la cría, levante y producción de leche de ganado vacuno, también se tiene en una proporción significativa la avicultura y porcicultura y en menor escala la piscicultura.

El municipio de Guaduas presenta un ingreso por concepto de regalías de la industria petrolera, según informe de la Agencia Nacional de Hidrocarburos AGN por \$ 3.383.302.846. Para el año 2008.

En la figura 5.2 se muestra una grafica de la distribución en porcentaje de las actividades de económicas del municipio de Guaduas Cundinamarca, dividido en industrial, comercial, servicios y otros

<sup>10</sup> Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS Guaduas.

Figura 5. 2 Distribución de la Economía de Guaduas.



FUENTE: Pagina Web DANE. 2005

### 5.9.2 División Política

El municipio de Guaduas para el año 2005 según el DANE contaba con una población de 31.250 habitantes distribuida en la zona rural con 16.337 habitantes y en la zona urbana con 14.913 habitantes. Que estarían ubicados en Cincuenta y dos (52) Veredas, tres (3) Inspecciones y treinta (30) Barrios.

En los cuadros 5.4, 5.5 y 5.6 se relacionan los barrios, veredas e inspecciones de policía del municipio de Guaduas respectivamente.

CUADRO 5. 4 División Política Cabecera Municipal

No.	NOMBRE	No.	NOMBRE
1	BARRIO SANTA CECILIA	16	BARRIO DIANA TURBAY
2	BARRIO GALÁN ALTO Y BAJO	17	BARRIO ARMANDO RICO AVENDAÑO
3	BARRIO EL VALLADO	18	BARRIO CARLOS LLERAS RESTREPO
4	BARRIO CENTRO	19	BARRIO FRANCISCO JAVIER MATIZ
5	BARRIO LA ALBORADA	20	BARRIO LOS VIRREYES
6	BARRIO LA MACHUCA	21	BARRIO VILLA DIEZ
7	BARRIO TOMAS CIPRIANO	22	BARRIO VÍCTOR MANUEL SAMBRANO
8	BARRIO SANTANDER	23	URB. POLICARPA SALAVARRIETA
9	BARRIO VILLA DE GUADUAS	24	URB. VILLA ESPERANZA

10	BARRIO TACUARA	25	URB. VILLA PAULA I Y II
11	BARRIO JORGE ELIECER GAITÁN	26	URB. VILLA PAZ
12	BARRIO BENJAMÍN HERRERA	27	URB. MUCAFACUM
13	BARRIO SAN JOSÉ	28	URB. VILLA CLAUDIA
14	BARRIO CAMINO REAL	29	URB. VILLA DE JESÚS
15	CIUDADADELA SAN MIGUEL	30	URB. SANTA MARIA DEL LAGO

CUADRO 5. 5 División Política área Rural

No.	NOMBRE	No.	NOMBRE
1	CEDRALES	27	CUCHARAL
2	MONTAÑA NEGRA	28	LAJITAS
3	PIEDRAS NEGRAS	29	DESPENSAS
4	PITAL LA GLORIA	30	CAMPEONA
5	CUATRO ESQUINAS	31	YERBABUENA
6	TAUCHIRAL	32	EL BALU
7	BODEGAS	33	ALTO DEL TRIGO “Centro Poblado”
8	PLAYA GRANDE	34	EL PALMARCITO
9	CARRAPAL	35	LA CUMBRE
10	QUEBRADA GRANDE	36	EL TRIGO
11	LA PALMITA	37	LA CABAÑA “Centro Poblado”
12	RIO SECO	38	RAIZAL Y CAJÓN
13	COCOLO Y MOLANO	39	GRANADA
14	ACUAPAL	40	CARBONERA
15	ACEROS Y PITAL	41	CHIPAUTA
16	SARGENTO	42	SAN MIGUEL
17	SANTA ROSA	43	EL PALMAR
18	MALAMBO	44	SAN JOSÉ
19	CHAPAIMA	45	CINTA Y FRÍA
20	TOTUMAL	46	CORRALES
21	SAN JUAN DE REMOLINO	47	EL ESCRITORIO
22	GUACAMAYAS	48	BARBASCALES
23	SANTIAGO DE REMOLINO	49	SALSIPUEDES
24	CENICEROS	51	PELADEROS Y VERSALLES
25	PARAMILLO	52	EL PERÚ
26	EL HATO		

CUADRO 5. 6 Inspecciones de Guaduas

No.	NOMBRE
1	INSPECCIÓN DE GUADUERO
2	INSPECCIÓN DE LA PAZ
3	INSPECCIÓN DE PUERTO BOGOTÁ

### 5.9.3 Educación

En el municipio existen 76 establecimientos educativos que cubren los niveles preescolar, primaria, secundaria y media vocacional y una planta docente de 294 educadores para atender una población dentro del sistema escolar de 6.455 estudiantes tanto del sector oficial como del sector privado.

En Cuanto a La Educación Superior no formal el municipio cuenta con un Centro de Educación Regional Superior CERES el cual funciona en alianza con el SENA, el Ministerio de Educación Nacional, la Secretaria de Educación de Cundinamarca y la Universidad Minuto de Dios. Además de los cursos dictados por el SENA.

En el siguiente cuadro se enumeran los alumnos de instituciones oficiales y privadas por nivel educativo en el municipio.

CUADRO 5. 7 Características del Sistema Educativo Municipal.

ALUMNOS, DOCENTES Y ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS									
	NIVEL	OFICIAL			PRIVADOS		TOTAL		
		URBANO	RURAL	TOTAL	URBANO	TOTAL	URBANO	RURAL	TOTAL
ALUMNOS	PREESCOLAR	184	202	386	112	112	296	202	<b>498</b>
	PRIMARIA	1195	2002	3197	211	211	1406	2002	<b>3408</b>
	SECUNDARIA	1187	495	1682	223	223	1410	495	<b>1905</b>
	MEDIA VOCACIONAL	422	139	561	83	83	505	139	<b>644</b>
	SUBTOTAL	2988	2838	5826	629	629	3617	2838	<b>6455</b>
DOCENTES	PREESCOLAR	5	4	9	7	7	12	4	<b>16</b>
	PRIMARIA	30	48	78	17	17	47	48	<b>95</b>
	SECUNDARIA Y MEDIA VOCACIONAL	60	30	90	30	30	90	30	<b>120</b>
	SUBTOTAL	114	126	240	54	54	168	126	<b>294</b>
U CIO	PREESCOLAR	2	2	4	3	3	5	2	<b>7</b>
	PRIMARIA	7	52	59	4	4	11	52	<b>63</b>

SECUNDARIA Y MEDIA VOCACIONAL	1	2	3	3	3	4	2	6
SUBTOTAL	10	56	66	10	10	20	56	76

**FUENTE:** Tomado Del Plan De Desarrollo Guaduas 2008 - 2011

#### 5.9.4 Salud<sup>11</sup>

El Sistema de Salud en el Municipio, depende de la Secretaria de Salud del departamento, y las acciones del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, dependen de la seccional ubicada en el Municipio de Villeta.

Se cuenta con un Hospital de primer nivel, y tres Centros de Salud ubicados en las Inspecciones de Puerto Bogotá, La Paz y Guaduro.

De la población total en el Municipio 31.146 habitantes según DANE año 2005; el 91.64% (28.542 personas) se encuentran en la base de datos del SISBEN. El 40.96% (12.540 personas), como vinculados sin régimen, el 39.24% (12.222 personas) en el régimen subsidiado, niveles 1, 2 y 3; y el 12.14% (3.780 personas), en el régimen contributivo.

#### 5.10 CULTURA Y TURISMO<sup>12</sup>

Por su historia y tradición el municipio de Guaduas fue Declarado monumento Nacional por medio de la ley 163 de 1959 por lo que cuenta con variados sitios culturales y turísticos que permiten desarrollar otro tipo de actividad económica.

En el cuadro 5.8 se relacionan los equipamientos culturales, turísticos y naturales que ofrece el municipio a los turistas.

**CUADRO 5. 8 Equipamiento Cultural y Turístico del Municipio.**

DESCRIPCIÓN	EQUIPAMIENTOS
<b>CULTURAL</b>	4 casas de la cultura, 1 teatro, Edificio Murillo Toro, Casa consistorial, Convento de la soledad, Alcaldía Municipal, Casa Policarpa Salavarrieta, Museo Virrey Ezpeleta, Catedral San Miguel Arcángel, Parque de la constitución.
<b>TURÍSTICO</b>	Piscina Municipal, Salto de Versalles, Piedra Capira, Camino real.
<b>NATURAL</b>	Reserva Natural de Granada, Reserva Natural la Cuchilla del Cocolo y Reserva Natural de Guacamayas,

**FUENTE:** Diagnostico Sectorial Planeación Departamental 2008

<sup>11</sup> Plan de desarrollo Guaduas 2008 - 2011

<sup>12</sup> Ibid.

## 5.11 MEDIO AMBIENTE

En el municipio de Guaduas existen zonas de importancia ambiental representadas en sus recursos hídricos. Parte del inventario ambiental con que cuenta el municipio, se relaciona en las tablas que se muestran a continuación y que incluye en algunas ocasiones, las respectivas resoluciones de declaratoria de conservación ambiental.

Los cuadros 5.9 y 5.10 muestran los bienes y servicios ambientales con que cuenta el municipio

CUADRO 5. 9 Cuencas y Subcuencas

NOMBRE DE LA CUENCA	SUBCUENCA DE PRIMER ORDEN	
	NOMBRE	AREA TOTAL (Ha)
RIO NEGRO	RIO GUADUERO	171,20
	RIO CAMBRAS	87,92
RIO MAGDALENA	RIO MAGDALENA (sector Guaduas)	197,92
	RIO SECO	220,29

CUADRO 5. 10 Áreas de Importancia Ambiental

NOMBRE DE LA ZONA	PROTEGIDA	CATEGORIA	OBJETIVO DE LA CONSERVACIÓN	RANGO
	NORMA	NOMBRE		ALTITUDINAL
CUENCA DEL RIO SAN FRANCISCO	Resolución Inderena 242 83 y 1/86	Reserva Forestal Protectora	Recurso Hídrico Superficial	BOSQUE SUBANDINO
			Biodiversidad flora y fauna	
			Paisaje Contemplativo	
CUCHILLA DE ALTAGRACIA MONTEFRIO	EN PROCESO DE DELIMITACION	Distrito de Manejo Integrado	Recurso Hídrico Superficial	BOSQUE ANDINO
			Biodiversidad flora y fauna	
			Recreación	
			Reforestación	
CIENAGA HACIENDA EL AGRADO-MALAMBO	NO ESTA PROTEGIDA		Recurso Hídrico Superficial	BOSQUE SECO TROPICAL
			Biodiversidad flora y fauna	
			Recreación	
LAGUNA EL TIGRE REMOLINO	NO ESTA PROTEGIDA		Recurso Hídrico Superficial	BOSQUE SECO TROPICAL
			Biodiversidad flora y fauna	
			Recreación	
LAGUNA EL BARROSO-MALAMBO	NO ESTA PROTEGIDA		Recurso Hídrico Superficial	BOSQUE SECO TROPICAL
			Biodiversidad flora y fauna	
			Recreación	
LAGUNA GRANDE	NO ESTA PROTEGIDA		Recurso Hídrico Superficial	BOSQUE SECO TROPICAL
			Biodiversidad flora y fauna	
			Recreación	
RIBERA Y HUMEDAL RIO MAGDALENA	AREA PROYECTADA	Distrito de manejo integrado, o reserva de recursos naturales, Territorio fáunico, cuenca ordenación en	Recurso Hídrico Subterráneo	BOSQUE TROPICAL
			Recurso hídrico superficial	
			Biodiversidad flora y fauna	
			Paisaje Contemplativo	

FUENTE: Oficina de la CAR año 2008



5. GENERALIDADES DEL MUNICIPIO DE GUADUAS .....	10
5.1 Reseña Histórica del Municipio.....	10
5.2 Localización del Municipio .....	11
5.3 Climatología.....	12
5.3.1 Temperatura.....	13
5.3.2 Precipitación.....	13
5.3.3 Brillo Solar.....	13
5.3.4 Humedad Relativa.....	13
5.4 Hidrología .....	14
5.5 Topografía .....	15
5.6 Geología .....	15
5.7 Uso de Suelo .....	16
5.8 Sistema Vial.....	16
5.9 Aspectos Socioeconómicos .....	17
5.9.1 Principales Actividades Económicas del Municipio .....	17
5.9.2 División Política.....	18
5.9.3 Educación.....	20
5.9.4 Salud.....	21
5.10 Cultura y Turismo .....	21
5.11 Medio Ambiente.....	22

## LISTA DE CUADROS

	Pag.
CUADRO 5. 1 Estaciones Climatológicas del Municipio.....	12
CUADRO 5. 2 Medición de Longitud de Drenajes Municipio de Guaduas.....	14
CUADRO 5. 3 Estado y distancia de las vías que comunican a Guaduas con otros municipios.....	17
CUADRO 5. 4 División Política Cabecera Municipal.....	18
CUADRO 5. 5 División Política área Rural.....	19
CUADRO 5. 6 Inspecciones de Guaduas .....	20
CUADRO 5. 7 Características del Sistema Educativo Municipal. ....	20
CUADRO 5. 8 Equipamiento Cultural y Turístico del Municipio. ....	21
CUADRO 5. 9 Cuencas y Subcuencas.....	22
CUADRO 5. 10 Áreas de Importancia Ambiental.....	22

## LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 5. 1 Localización de Guaduas en Cundinamarca .....	12
Figura 5. 2 Distribución de la Economía de Guaduas.....	18

## 6. DIAGNÓSTICO

### 6.1 DIAGNOSTICO DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MUNICIPIO DE GUADUAS.

#### 6.1.1 Diagnóstico Administrativo

El diagnóstico administrativo permitirá determinar las entidades relacionadas con el manejo integral de los residuos sólidos en el municipio de Guaduas, sus responsabilidades, funciones y estructura administrativa de acuerdo con los componentes y modalidades del servicio según lo establecido en el Decreto 1713 de 2002.

La prestación del Servicio Público de Aseo en el municipio de Guaduas se hace a través de la Oficina de Servicio Públicos quien Depende de la Secretaria de Obras y Servicios Públicos de la Alcaldía municipal. Esta oficina también tiene bajo su responsabilidad la prestación de los Servicios de Acueducto y Alcantarillado.

En la figura 6.1 se muestra el organigrama administrativo del servicio de aseo del municipio de Guaduas tal como se describió en el párrafo anterior. Y en la figura 6.2 se muestra el organigrama operativo del servicio de aseo de Guaduas.

Figura 6. 1 Organigrama Administrativo Oficina de Servicios Públicos en el municipio de Guaduas.

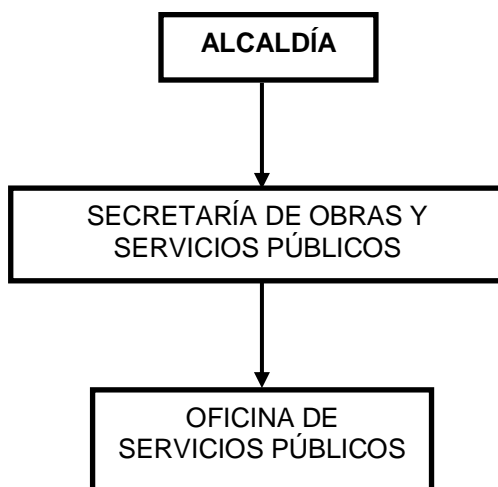
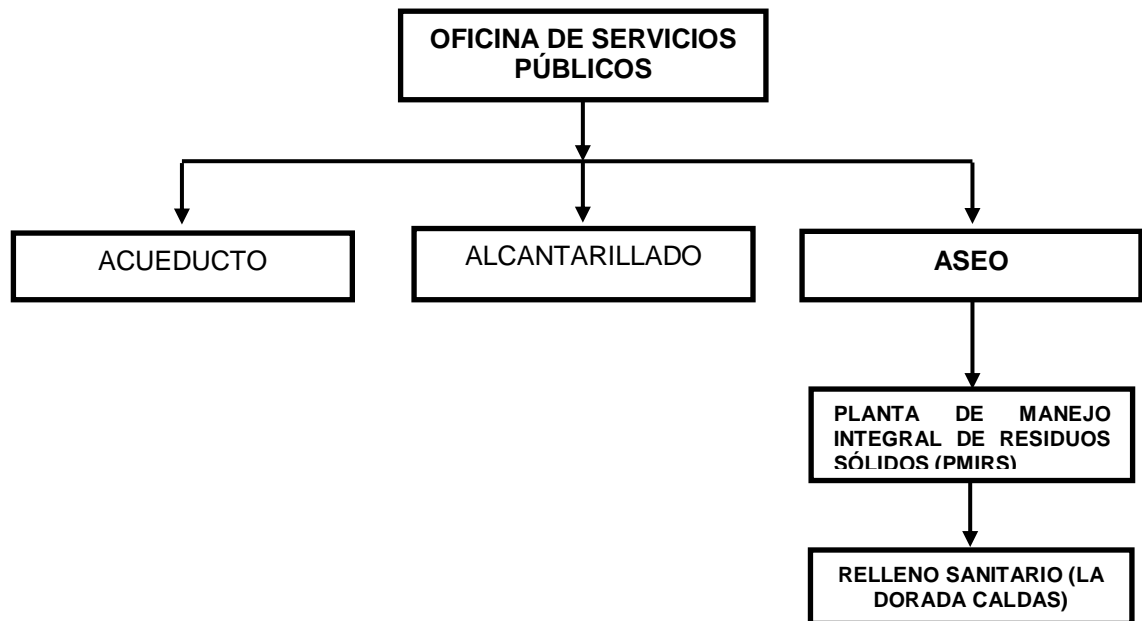


Figura 6. 2 Organigrama Operativo Oficina de Servicios Públicos del municipio de Guaduas.



#### 6.1.1.1 Personal

El municipio dentro de su estructura administrativa y operativa cuenta con una planta de personal conformada por treinta y tres (33) funcionarios para la prestación del Servicio de Aseo.

- Secretario de Obras y servicios Públicos
- Jefe Oficina de Servicios Públicos
- Secretaria del Jefe de la Oficina de Servicios Públicos
- Auxiliar de Facturación
- Dos (2) Conductores
- Seis (6) Operarios para la Recolección y Barrido
- Veinte (20) operarios de la PMIRS
- Un (1) Supervisor de la PMIRS

#### 6.1.1.2 Funciones para la Prestación del servicio Público de Aseo.

Para establecer las funciones de cada empleado de la oficina de servicios públicos se adoptó el manual de funciones de la administración, en el cuadro 6.1 se describen algunas de ellas por dependencia.

**CUADRO 6. 1** Funciones asignadas al personal encargado de la administración y operación del servicio de aseo.

<b>Dependencia</b>	<b>Funciones</b>
Secretaria de Obras Publicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planear, organizar, dirigir, controlar, y evaluar la ejecución de las actividades a cargo de la dependencia.</li> <li>✓ Elaborar el plan anual de compras para el funcionamiento de su dependencia con su respectiva codificación (sice).</li> <li>✓ Radicar los diferentes proyectos en el banco de proyectos del Municipio.</li> <li>✓ Elaborar los proyectos que correspondan a la secretaria.</li> </ul>
Oficina de servicios Públicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Planear, organizar, dirigir, controlar, y evaluar la ejecución de las actividades a cargo de la dependencia.</li> <li>✓ Elaborar el plan de acción de la dependencia de acuerdo con el plan de desarrollo.</li> <li>✓ Elaborar el plan anual de compras para el funcionamiento de su dependencia con su respectiva codificación (sice).</li> <li>✓ Elaborar la programación de la recolección de basuras en el sector urbano y rural.</li> <li>✓ Realizar la evaluación de desempeño de los funcionarios.</li> </ul>
Conductor	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Velar por el mantenimiento y buena presentación de vehículo a su cargo</li> <li>✓ Manejar y utilizar adecuadamente el vehículo que se le asigne.</li> <li>✓ Cumplir oportuna y adecuadamente con el transporte de materiales.</li> </ul>

**Fuente:** Manual de Cargos y Funciones de personal administrativo y operarios del servicio de aseo 2008.

Del Jefe de la oficina de Servicio Públicos depende en forma directa, la buena prestación, la eficiencia y la continuidad del servicio para satisfacer las necesidades de la comunidad. Además de las funciones definidas en el cuadro anterior el jefe de la oficina de Servicio Públicos se encarga en cuanto al servicio de aseo de:

- Dar Órdenes y distribuir el trabajo de los operarios de Barrido y Recolección conductores de los carros compactadores, Secretaria, Auxiliar De Facturación y Supervisor de la PMIRS.
- Velar por que las calles del municipio permanezcan aseadas.
- Controlar, dirigir y programar el servicio de aseo en todo el territorio municipal.
- Coordinar y convenir el Sitio de Disposición Final.
- Dotar a los operarios de herramientas de trabajo y elementos de protección personal.
- Las demás funciones inherentes a su cargo.

Secretaria del Jefe de la Oficina de Servicios Públicos

- Manjar el archivo de la Oficina de Servicios Públicos
- Recibir y Enviar Correspondencia
- Atender y comunicarle al jefe de la Oficina De Servicios Públicos las

sugerencias de los usuarios del servicio de Aseo del municipio

- Desempeñar eficazmente y con sentido de colaboración las demás funciones que le asigne el superior inmediato.

#### Auxiliar de Facturación

- Mantener actualizado la base de datos de los usuarios del Servicio de Aseo
- Realizar la Facturación Bimestral del Cobro de la Tarifa del Servicio de Aseo.
- Atender y comunicarle al jefe de la Oficina De Servicios Públicos las sugerencias de los usuarios del servicio de Aseo, en relación con la facturación
- Desempeñar eficazmente y con sentido de colaboración las demás funciones que le asigne el superior inmediato.

#### Conductores:

- Conducir el carro en forma adecuada para permitir a los operarios recoger los recipientes con residuos y depositar su contenido en la caja compactadora.
- Velar por el estricto cumplimiento de las normas sobre mantenimiento preventivo del vehículo especialmente en cuanto a su lubricación.
- Cumplir estrictamente las normas de tránsito.
- Informar al jefe de la Oficina De Servicios Públicos las novedades presentadas en el desempeño de su cargo.
- Efectuar el descargue de los residuos en la PMIRS o Relleno Sanitario

#### Operarios de Barrido y Recolección:

- Velar porque las vías públicas permanezcan libres de residuos, hierbas y malezas
- Mantener en buen estado las herramientas y equipos de trabajo.
- Informar al jefe de la Oficina De Servicios Públicos las novedades presentadas en el desempeño de su cargo.
- Recoger los recipientes con residuos, y conducirlos a los vehículos recolectores
- Las demás funciones que le sean asignadas por el jefe de la Oficina De Servicios Públicos.

#### Operarios de la PMIRS

- Clasificar los residuos sólidos recolectados en el municipio
- Operar el horno Incinerador de la PMIRS
- Operar la producción de Compost y Humus

- Zarandear y empacar el humus producido en la PMIRS
- Informar al supervisor de la PMIRS las novedades presentadas en el desempeño de su cargo.
- Las demás funciones que le asigne el superior inmediato.

#### Supervisor de la PMIRS

- Distribuir y coordinar el trabajo de los operarios de la PMIRS
- Coordinar la producción de Compost y Humus
- Velar por el buen funcionamiento de la PMIRS
- Informar al jefe de la Oficina de Servicios Públicos las novedades presentadas en el desempeño de su cargo.
- Las demás funciones que le asigne el superior inmediato.

#### 6.1.1.3 Usuarios del Servicio Público de Aseo

En el municipio de Guaduas el Servicio de Aseo se presta con una cobertura del 100% en la Cabecera municipal, en las inspecciones de Puerto Bogotá, la Paz y Guaduoero, mientras que el área rural solo cuenta con una cobertura del 5% representado en las Áreas Pobladas del Alto del Trigo y La Cabaña.

A pesar de tener un área de operación definida el servicio de aseo solo es facturado y cobrado en la cabecera municipal y en la inspección de Puerto Bogotá a cuatro mil doscientos cincuenta y un (4251) usuarios mientras que en los demás sectores no tienen ningún cobro.

En la tabla 6.1 se especifican la cantidad de usuarios del servicio de aseo que se les hace el cobro en la cabecera municipal y en el corregimiento de Puerto Bogotá.

TABLA 6. 1 Suscriptores totales del Servicio de Aseo con cobro

<b>Estratificación social</b>	<b>Casco Urbano</b>	<b>Puerto Bogotá</b>
Estrato 1	644	124
Estrato 2	1880	834
Estrato 3	223	64
Estrato 4	147	
Ind y comercial	296	28
Oficiales	10	1
<b>TOTAL</b>	<b>3200</b>	<b>1051</b>

**FUENTE:** Oficina De Servicio Públicos 2009



Proyecciones de la Oficina de Servicios Públicos establecen que los usuarios en la Inspección de La Paz son trescientos (300), Guadua setenta (70) y en el Alto del Trigo y La Cabaña Ochenta (80), que equivalen a cuatrocientos cincuenta (450) usuarios de los cuatro estratos existentes en Guaduas así como Industrial, Comercial e Institucional que no se les cobra el servicio.

Las fotos 6.1 y 6.2 muestran la panorámica del corregimiento de Puerto Bogotá y el área poblada de La Cabaña respectivamente, donde se prestan los servicios de aseo municipal.

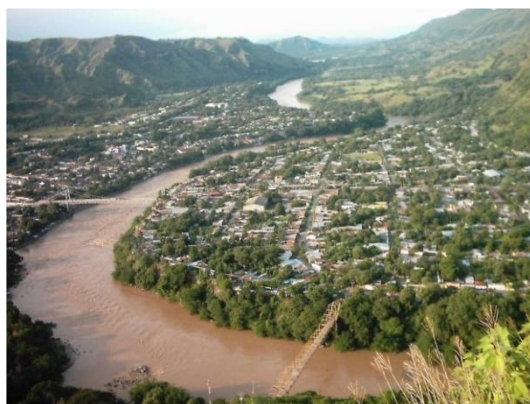


Foto 6. 1 Puerto Bogotá  
FUENTE: Pagina Web alcaldía Guaduas



Foto 6. 2 Área poblada La Cabaña  
FUENTE: los autores

#### 6.1.1.4 Aspectos Económicos

Los aspectos económicos de la oficina de Servicios Públicos se manejan y orientan a través del presupuesto anual de la Alcaldía Municipal, en el presupuesto anual se incorporan los gastos de funcionamiento e inversión así como los posibles ingresos. En la tabla 6.2 se totalizan los gastos mensuales del servicio de aseo del municipio.

La tesorería municipal es la dependencia encargada del recaudo de las rentas e ingresos y por consiguiente del pago de los gastos y obligaciones de la oficina de Servicios Públicos.

TABLA 6. 2 Costos mensuales Servicio de Aseo

Descripción	Valor (\$)
Personal Administrativo y Operativo	7,026,470
Operarios PMIRS	21,500,000
Elementos de Protección Personal PMIRS	2,316,667
Disposición Final	34,000,000
Combustible	7,000,000
<b>TOTAL</b>	<b>71,843,137</b>

#### 6.1.1.5 Tarifas Servicio de Aseo

La Oficina de Servicios Públicos únicamente realiza el cobro de la recolección en el Servicio de Aseo teniendo en cuenta un estudio tarifario realizado en el año 2006 y aprobado por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico CRA. Por esta razón es necesario actualizar el estudio tarifario donde se incorpore en la tarifa del Servicio de Aseo el Transporte, Aprovechamiento, disposición final y Barrido y limpieza de Calles, así como incluir en el cobro a los usuarios que se les presta el servicio y no es facturado. En el siguiente cuadro se especifica el costo del servicio de aseo por estrato sociocultural en Guaduas.

CUADRO 6. 2 Tarifas Servicio de Aseo municipio de Guaduas

ESTRATIFICACIÓN	TARIFA ASEO BIMESTRAL (\$)
Estrato 1	3.987
Estrato 2	4.784
Estrato 3	6.777
Estrato 4	8.308
Comercial	33.627
Oficial	8.308

FUENTE: Oficina de Servicios Públicos 2009

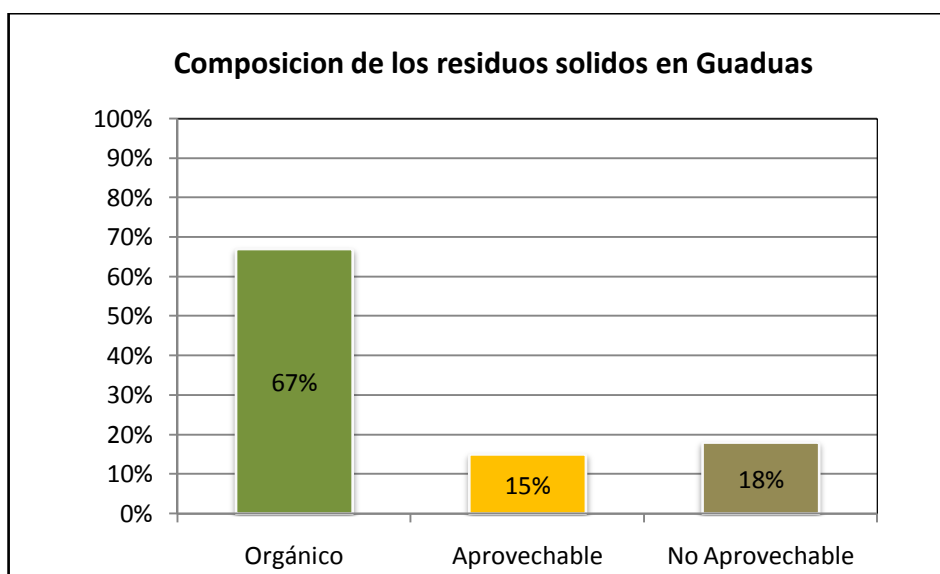
Las tarifas relacionas en el cuadro 6.2 es la correspondiente factura de cobro bimestral que se hace conjuntamente con los servicios de Acueducto y Alcantarillado. Por este rubro la Oficina de Servicios Públicos Factura bimestralmente un promedio de treinta millones de Pesos (30.000.000) de los cuales se recauda el 50% de este valor.

#### 6.1.2 Diagnostico Técnico Operativo del Servicio de Aseo

##### 6.1.2.1 Generación de Residuos Sólidos

Los residuos sólidos domiciliarios del municipio de Guaduas así como los de los establecimientos comerciales, industriales e institucionales son almacenados mezclados en un solo recipiente reduciendo su capacidad de aprovechamiento. La composición de los residuos sólidos generados en el Municipio de Guaduas se muestra en la siguiente figura:

Figura 6. 3 Caracterización de los residuos sólidos del municipio de Guaduas Cundinamarca.



**FUENTE:** los Autores 2009

Los residuos orgánicos en el municipio de Guaduas son lo que más se producen (67%) seguidos por el material no aprovechable como pañales, papel higiénico, empaques de pasa bocas entre otros (18%) y en el último lugar el material aprovechable (15%) como vidrio, Polietileno Trieftalato (PET), Polietileno de Baja densidad (PEBD), papel, aluminio entre otros materiales que son susceptibles de reutilización<sup>13</sup>.

#### 6.1.2.2 Separación en la Fuente

El proceso de concienciación de las comunidades en la separación en la fuente en el municipio nunca ha existido debido a esto se hace necesaria la implementación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS de Guaduas, adoptado por el municipio mediante Resolución No 275 del 29 de Agosto de 2007.

En el capítulo 9 (Estructuración del PGIRS.) se establecieron los siguientes Programas y Proyectos Socioculturales que permitirán implementar programas de separación en la fuente, como el que se propone en este proyecto de grado.

En el cuadro 6.3 se ilustran los programas de educación ambiental formulados en al plan de gestión integral de residuos sólidos del municipio de Guaduas.

<sup>13</sup> Datos tomados del promedio de los Cuarteos Realizados durante el año 2008 y 2009.

CUADRO 6. 3 Programas y proyectos de Educación Ambiental PGIRS.

PROGRAMA	PROYECTOS
Sociocultural:  Educación, concienciación y Capacitación en Manejo Integral de Residuos Sólidos.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Capacitación en Manejo Integral de Residuos Sólidos para Instituciones Oficiales, Privadas y Comerciales.</li> <li>2. Capacitación y Cultura Ciudadana en Manejo Integral de Residuos Sólidos.</li> <li>3. Capacitación en Manejo Integral de Residuos Sólidos a Instituciones Educativas.</li> </ol>

FUENTE: PGIRS Guaduas 2007

### 6.1.2.3 Presentación de los Residuos Sólidos Domiciliarios

La presentación de los residuos en el municipio se hace en canecas plásticas, costales, bolsas, cajas y cualquier otro tipo de recipiente que sirva para almacenar los residuos. No existe separación en la fuente como ya se había mencionado por lo tanto la presentación de los residuos sólidos se hace mezclando los residuos orgánicos con aprovechables y no aprovechables.

La falta de coordinación en los horarios de las microrutas de recolección es el mayor inconveniente de la presentación, pues, muchas veces, los usuarios del servicio sacan los recipientes el día anterior y cuando se va a realizar la recolección los residuos, estos se encuentran esparcidos por la acción de los caninos y las aves de carroña.

### 6.1.2.4 Recolección y Transporte.

El municipio de Guaduas cuenta con tres Macrorutas de recolección repartidas en el Casco Urbano, La Inspección de Puerto Bogotá y la Inspección de La Paz con las Áreas Pobladas del Alto del Trigo, La Cabaña y cada quince días en la Inspección de Guaduoero.

#### 6.1.2.4.1 Cobertura

En el siguiente cuadro se muestra la cobertura de la recolección y transporte que ofrece el servicio de aseo en todo el municipio de Guaduas.

CUADRO 6. 4 Cobertura recolección de Residuos Sólidos en Guaduas

Sector	Cobertura	Microrutas
Cabecera Municipal	100%	4
Insp. Puerto Bogotá	100%	2
Insp. De La Paz	100%	1
Insp. de Guaduoero	100%	1
Área rural (Alto del Trigo y La Cabaña)	5%	1

#### 6.1.2.4.2 Frecuencia

La frecuencia de recolección se muestra en el Cuadro 6.5 y se realiza siempre y cuando los vehículos no tengan problemas mecánicos de 5:00 am a 3:00 pm en los días establecidos para cada sector del Municipio.

CUADRO 6. 5 Frecuencia de Recolección de residuos sólidos.

ZONA DE RECOLECCIÓN	Frecuencia					
	LUN	MA	MIE	JUE	VIE	SAB
Plaza de Mercado Casco Urbano						
Casco Urbano						
Inspección Puerto Bogotá						
Inspección La Paz						
Inspección Guaduario (Cada 15 días)						
Área Poblada del alto del Trigo y la Cabaña						

En la foto 6.3 se muestra a los operarios de recolecciones cumpliendo sus funciones en la calle de la Pola, en la cabecera municipal de Guaduas.



Foto 6. 3 Recolección casco Urbano

FUENTE: los autores

#### 6.1.2.4.3 Equipos

Para la Recolección y el Transporte de los residuos la Oficina de Servicios Públicos cuenta con tres Vehículos Compactadores de propiedad de la Alcaldía y en ocasiones con una volqueta, las características de los automotores son las que se muestran en los cuadros 6.6 y 6.7.

CUADRO 6. 6 Vehículos utilizados para la recolección y transporte de los residuos sólidos.

Vehículo	Marca	Placa	Color	Tipo De Motor	Modelo	Capacidad Máxima
Compactador	International	OIK 019	Blanco	Diesel	1.997	7 ton
Compactador	Kodiak	OIK 040	Blanco	Diesel	2.004	7 ton
Compactador	Izuzu	OIK 064	Blanco	Diesel	2.009	7 ton
Volqueta	International	OIK 082	Roja	Diesel	1.985	6 m <sup>3</sup>

CUADRO 6. 7 Descripción de los Vehículos para la Recolección y el Transporte

VEHÍCULO	MODELO	ESTADO MECÁNICO	ESTADO HIDRÁULICO	LLANTAS
Compactador	1.997	DEFICIENTE	DEFICIENTE	ACEPTABLE
Compactador	2.004	DEFICIENTE	DEFICIENTE	DEFICIENTE
Compactador	2.009	EXCELENTE	EXCELENTE	BUENO
Volqueta	1.985	ACEPTABLE	ACEPTABLE	DEFICIENTE

Los vehículos modelo 1.997 y 2.004 se encuentran fuera de servicio por su mal estado. La Oficina de Servicios Públicos está gestionando el mantenimiento general de los dos vehículos y se espera que en el mes de Octubre de 2009 entre en funcionamiento el Vehículo Compactador International.

Actualmente la Recolección y Transporte de los residuos se realiza con el vehículo compactador Izuzu modelo 2009 y la Volqueta International de esta manera se le da cubrimiento a las microrutas de recolección del municipio. En las fotos 6.4 y 6.5 se observan el vehículo compactador mod 2004 en el parqueadero del municipio sin ser utilizado por falta mantenimiento y el vehículo mod 2009 después de realizársele el lavado.



Foto 6. 4 y Foto 6. 5 Compactador Modelo 2004 y Compactador Modelo 2009

FUENTE: los autores



Realizados los recorridos de las microrutas los residuos sólidos municipales son Transportados a la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) En un tiempo aproximado de 45 minutos en ir descargar y regresar.

#### 6.1.2.5 Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas

El servicio de Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas se presta únicamente en el centro Historio del Municipio que comprende la Plaza de la Constitución y trescientos (300) metros a la redonda. Esta área es aproximadamente el 20% de la Cabecera municipal.

En las siguientes fotos se muestra la calle del camellón y la plaza de la constitución, áreas que tiene el servicio de barrio en la frecuencia que se relaciona en el cuadro 6.8 con las demás vías que se les presta el servicio.



Foto 6. 6 y Foto 6. 7 Camellón Real y Plaza de La Constitución

Fuente: los Autores

#### 6.1.2.5.1 Frecuencia

CUADRO 6. 8 Frecuencia de Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas

ZONA DE BARRIDO	Longitud Aprox.	FRECUENCIA					
		LUN	MAR	MIE	JUE	VIE	SAB
Plaza de la constitución	400 m						
Calle de la Pola	400 m						
Camellón Real	600 m						
Carrera 2	450 m						
Carrera 3	400m						
Carrera 4	400 m						
Calles Secundarias	800 m						

FUENTE: PGIRS Guaduas 2007

#### 6.1.2.5.2 Equipos

Los equipos utilizados para la prestación del Servicio de Barrido son:

- Escobas de fibra.
- Palas.
- Caneca Metálica de 55 galones adaptada a una carretilla.

En la foto 6.8 se observa uno de los operarios que se encarga del barrido de calles con los equipos mencionados anteriormente.



Foto 6. 8 operario barrido de Calles

#### 6.1.2.6 Aprovechamiento

El aprovechamiento de los residuos sólidos municipales se realiza en la Planta de Manejo Integral de Residuos Solido (PMIRS) del municipio. Este componente será analizado ampliamente más adelante en lo correspondiente a la “*Situación Actual de la Planta*”.

#### 6.1.2.7 Disposición Final

La Disposición Final se efectúa en el Municipio de La Dorada localizado en el Departamento de Caldas a 60 km de Guaduas sobre la Vía que Conduce a Medellín En el Relleno Sanitario Regional de La Doradita operado por la Empresa de Servicios Públicos de La Dorada E.S.P. y se encuentra a 15 km del Casco Urbano, sobre la vía que conduce al corregimiento de Buenavista.

El Relleno Sanitario funciona desde Febrero de 2004 con resolución 001 del 2 de Enero de 2003, ratificada por la resolución No 289 del 10 de Octubre de 2008 por la Corporación Autónoma Regional de Caldas, la vida útil de este relleno es de 20 años.



El vínculo con el Relleno lo Efectúa la Alcaldía Municipal a través de un convenio Interadministrativo con la Empresa de Servicios Públicos de La Dorada E.S.P. que le permite al municipio disponer los residuos en el relleno por un costo de cuarenta y don mil quinientos pesos (\$42.500) la tonelada

A pesar de contar con el relleno Sanitario, el transporte de residuos no se hace con regularidad, razón por la cual la Planta permanece Acumulada de Residuos sólidos no aprovechables. Sin embargo, en lo que va corrido del año se han evacuado alrededor de 400 toneladas para ser dispuestas técnicamente en la Doradita.

#### **6.1.2.8 Residuos Peligrosos**

El principal centro generador de residuos peligrosos en el municipio de Guaduas es el Hospital San José, seguido de este están las droguerías, centros de salud centros de estética y veterinarias. El Hospital, a través de su Departamento de Sanidad controla la producción de residuos sólidos con la implementación del sistema de manejo de residuos interno el cual permite la segregación de los residuos en convencionales y peligrosos en tres recipientes diferentes. Además han contratado la disposición final de los residuos peligrosos con la empresa REII S.A. (RECICLAJE EXCEDENTES, E INCINERACIONES INDUSTRIALES). En la Ciudad de Soacha Cundinamarca.

Las Droguerías de igual forma utilizan el servicio de la empresa REII S.A. contrastando con centros de salud, centros de estética y veterinarias que no se han responsabilizado de los residuos peligrosos que generan entregándolos al servicio de aseo municipal quienes lo transportan a la planta de aprovechamiento del municipio.

#### **6.1.3 Oportunidades de Mejoramiento de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.**

En el siguiente cuadro se establecen las oportunidades de mejoramiento de la gestión municipal de los residuos sólidos por componente para tener en cuenta en la optimización de la planta.

CUADRO 6. 9 Oportunidad de mejoramiento gestión de los residuos sólidos municipio de Guaduas

ETAPAS	OPORTUNIDAD MEJORAMIENTO
<b>GENERACIÓN</b>	→ Dentro de la implementación del programa sociocultural del PGIRS se prevé el suministro a los usuarios del servicio de aseo de bolsas de dos colores para el almacenamiento de los residuos sólidos dentro de las casa. → Capacitaciones a la comunidad para la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos domiciliarios. → Apoyo a creación de microempresas familiares que se

	dediquen a la fabricación de bolsas de plástico y tela para el almacenamiento de los residuos.
<b>SEPARACIÓN EN LA FUENTE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Implementación del PGIRS específicamente el programa Sociocultural: Educación, Sensibilización y Capacitación en Manejo Integral de Residuos Sólidos. Por etapas dentro del casco urbano del municipio.</li> <li>→ Capacitación en el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos para la producción de abonos en las veredas del municipio.</li> <li>→ Capacitar a los usuarios en el aprovechamiento de los residuos inorgánicos que son susceptibles de uso en la elaboración de artesanías y adornos.</li> </ul>
<b>ALMACENAMIENTO INTERNO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Implementación del PGIRS específicamente el programa Sociocultural: Educación, Sensibilización y Capacitación en Manejo Integral de Residuos Sólidos. Por etapas dentro del casco urbano del municipio.</li> <li>→ Capacitaciones a la comunidad para la reducción, reutilización y reciclaje de los residuos sólidos domiciliarios.</li> </ul>
<b>PRESENTACIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Capacitar a los Usuarios del servicio de aseo para que la presentación se haga en dos bolsas, en dos días diferentes, segregando el material aprovechable en bolsa amarilla y en bolsa negra el material orgánico y no aprovechable.</li> <li>→ Establecer los horarios de las microrutas de recolección para que los residuos se presenta máximo tres horas antes a su recolección.</li> </ul>
<b>RECOLECCIÓN</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Diseño de nuevo microruteo que incluya rutas de recolección selectiva y rutas de recolección de residuos convencionales dentro del casco urbano del municipio, inspecciones y áreas pobladas.</li> <li>→ Mantenimiento general a los vehículos recolectores para que la recolección sea más eficiente.</li> <li>→ Capacitar a los operarios de recolección para que no se mezclen las bolsas y no sean dañadas durante el recorrido.</li> </ul>

**Nota:** Las estrategias para el cumplimiento de las oportunidades de mejoramiento se describirán en la propuesta de optimización.

## 6.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LA PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS (PMIRS)

La planta de manejo integral de residuos sólidos del municipio de Guaduas recibe aproximadamente 400 Ton/mes de residuos sólidos domiciliarios provenientes del casco urbano del municipio, las Inspecciones de Puerto Bogotá, La Paz y Guaduo así como de la zona rural poblada del Alto del Trigo.

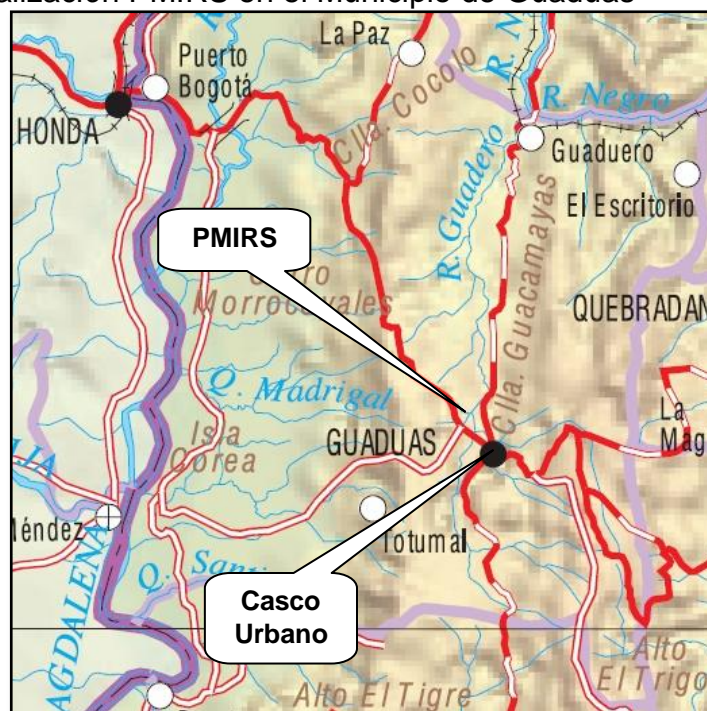
Los residuos sólidos urbanos que son transportados a la planta tienen la siguiente composición: 67% orgánico, 15% aprovechable y 18% no aprovechable. A continuación se describe detalladamente el estado y funcionamiento actual del sistema técnico y operativo.

## 6.2.1 Sistema técnico y operativo

### 6.2.1.1 Localización de la PMIRS

La Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos PMIRS del municipio de Guaduas está localizada al noroccidente del casco urbano del municipio en la Vereda Cucharal. Sus coordenadas planas, son:  $X= 1.057.779m$  y  $Y= 940.444m$  y su altitud es de 925 m.s.n.m. y se encuentra a 7 km sobre la vía terciaria sin pavimentar que del casco urbano conduce a la Vereda Cucharal. En la figura 6.4 se ilustra la ubicación de la planta con relación a la cabecera municipal de Guaduas.

Figura 6. 4 Localización PMIRS en el Municipio de Guaduas<sup>14</sup>

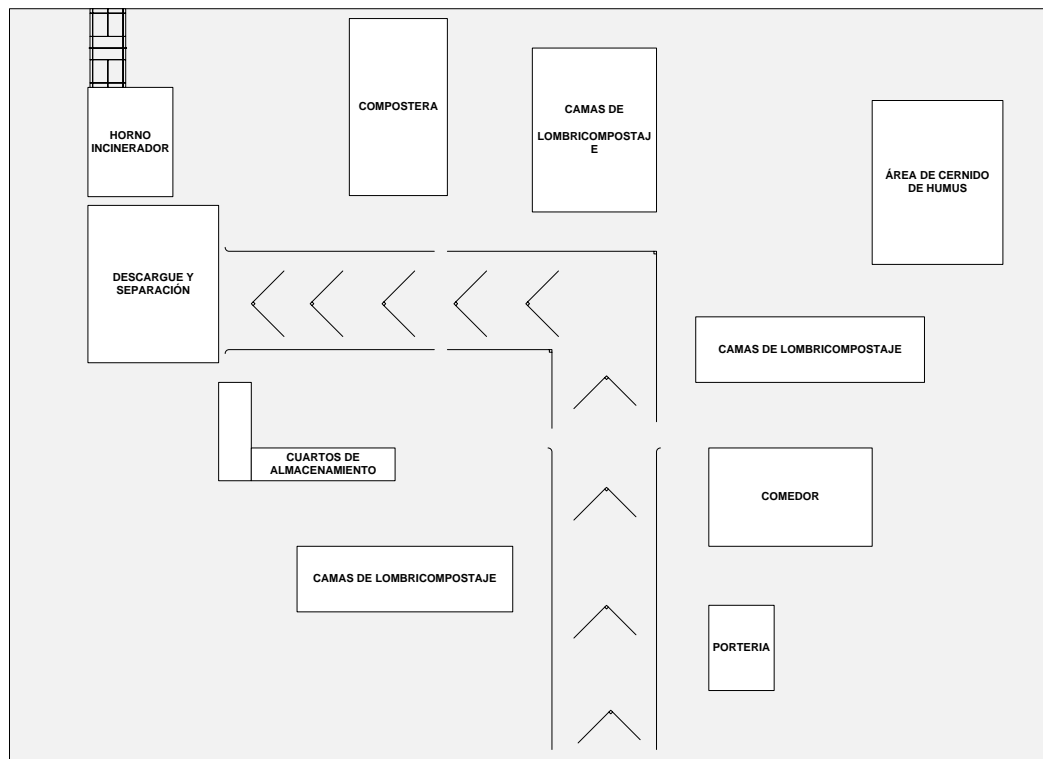


### 6.2.1.2 Planta general

La planta de aprovechamiento de residuos sólidos se divide en diferentes zonas como son: descargue, separación, cuartos de almacenamiento, composteras, camas de lombricompostaje, horno incinerador, y comedor. En la figura 6.5 se muestra un esquema de la distribución de las áreas de la planta actualmente.

<sup>14</sup> INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODACI

Figura 6. 5. Distribución de áreas Planta de aprovechamiento.



A continuación se presenta una tabla 6.3 en la cual se discriminan las áreas de la planta física:

TABLA 6. 3 Áreas de infraestructura.

ÁREA DE OPERACIÓN	SUPERFICIE (m <sup>2</sup> )
Descargue y separación	400
Horno Incinerador	63
Baños y Vestieres	31
Cuartos de almacenamiento	240
Compostaje y Lombricultura	3841
Bodega Almacenamiento Humus	150
Administración	135
Oficina	15,75
Portería	22,5
<b>TOTAL</b>	<b>4898</b>

### 6.2.2 Estado actual de la PMIRS

La lista de chequeo, se muestra en el cuadro 6.10, se elaboró y utilizó en la primer visita realizada el día 16 de junio de 2008, con el fin de revisar el estado actual de la planta. Se enfatizó en tres ítems: infraestructura, equipamiento y funcionamiento, los cuales permiten aproximarse al conocimiento del estado actual de la planta, con base en los requerimientos mínimos técnicos y operativos que debería tener, de acuerdo con el RAS título F 2009

CUADRO 6. 10 Lista de chequeo

LISTA DE CHEQUEO			
1	INFRAESTRUCTURA	SI	NO
1.1	Cuenta con vías de acceso en buen estado	X	
1.2	Cuenta con patio de descargue	X	
1.3	El área de descargue es suficiente para el volumen de residuos que ingresan a la planta	X	
1.4	El área de almacenamiento es apropiada para el volumen de residuos separados diariamente		X
1.5	El área de separación cuenta con ventilación adecuada <sup>15</sup>	X	
1.6	Cuenta con suficientes y adecuados cuartos de almacenamiento		X
1.7	Los cuartos de almacenamiento cuentan con ventilación adecuada	X	
1.8	Los cuartos de almacenamiento cuentan con piso, sólido, lavable y no poroso		X
1.9	La cubierta del área de descargue y separación se encuentra en buen estado	X	
1.10	La cubierta del área de compostaje se encuentra en buen estado	X	
1.11	Cuenta con drenaje el área de compostaje		X
1.12	La cubierta del área de lombricompostaje se encuentra en buen estado		X
1.13	Las camas de lombricompostaje fueron construidas en concreto	X	
1.14	La cubierta del área de cernido se encuentra en buen estado	X	
1.15	Existe un espacio suficiente y adecuado para el almacenamiento de residuos no aprovechables		X
1.16	Tiene horno bajo cubierta totalmente	X	
1.17	El área el horno es suficiente y adecuada	X	
1.18	Cuenta con un lugar exclusivo para la alimentación de los trabajadores	X	

<sup>15</sup> Se entiende por ventilación adecuada, aquella que por su diseño permita el paso de un determinado flujo de aire el cual arrastra los olores generados por la descomposición de la materia orgánica.

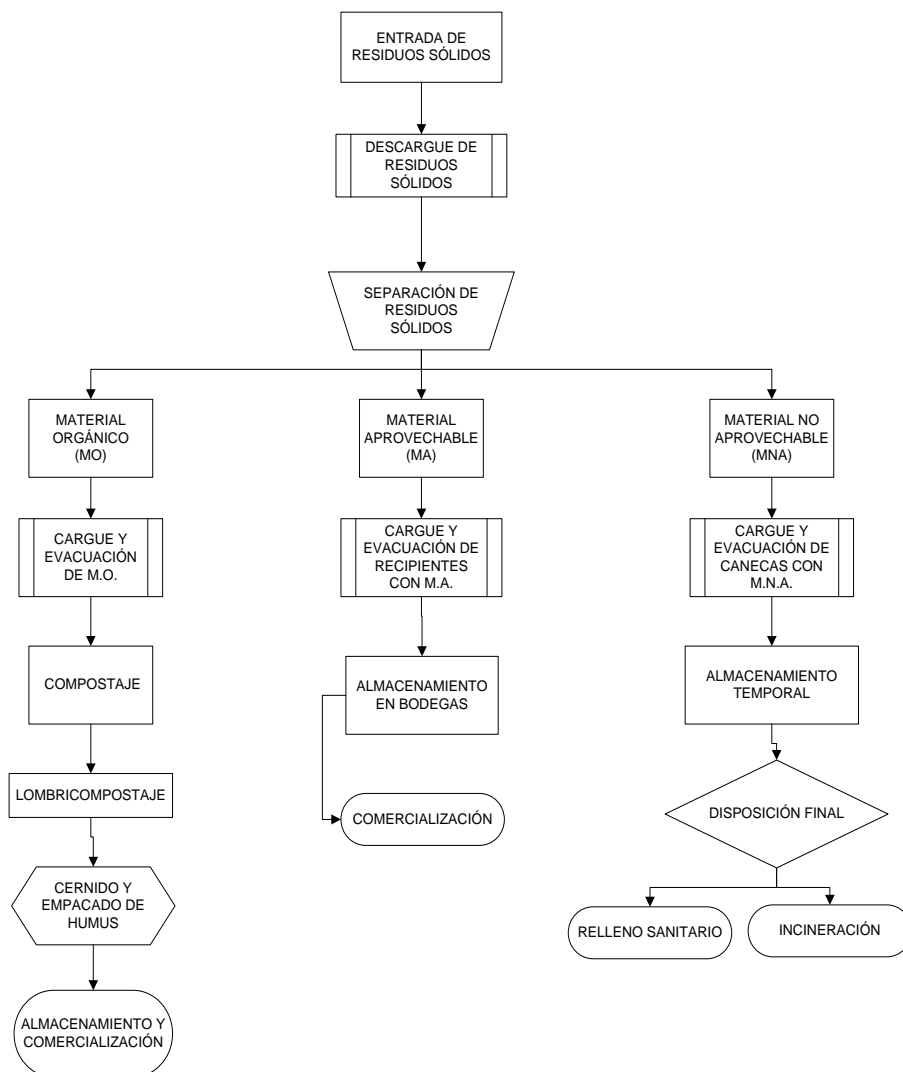
1.19	Cuenta con sala de guardarropa con casilleros de uso exclusivo del personal	X	
<b>2</b>	<b>EQUIPAMIENTO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
2.1	Existe báscula para el pesaje de los camiones que ingresan a la planta		X
2.2	Cuenta con prensa hidráulica		X
2.3	Cuenta con trituradora		X
2.4	Cuenta con compactadora		X
2.5	Cuenta con embaladora		X
2.6	Cuenta con cernidora		X
2.7	Cuenta con tolva		X
2.8	Existe banda transportadora		X
2.9	Hay horno incinerador de residuos	X	
2.10	Trabaja con combustible diesel	X	
2.12	Trabaja con combustible gas		X
2.13	Cuenta con instrumentos para el control del compost		X
2.14	Cuenta con maquinaria para el transporte interno de residuos	X	
2.15	Cuenta con canalizaciones de instalación eléctrica entubadas	X	
2.16	La maquinaria se encuentra bien instalada, segura y protegida en sus partes móviles (operación, en movimiento, poleas (etc.))		X
2.17	Cuenta con extintores de incendio de acuerdo al riesgo		X
2.18	El 100% de extintores está con carga vigente		X
2.19	Los extintores cuentan con señalización		X
<b>3</b>	<b>OPERACIÓN</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
3.1	La Planta cuenta con procedimientos operativos estandarizados		X
3.3	El almacenamiento de residuos es ordenado sobre estanterías y separado según su clasificación		X
3.4	Los recipientes se encuentran ordenados, y con etiqueta visible		X
3.5	Existe registro de los residuos almacenados	X	
3.6	Las vías peatonales están despejadas		X
3.7	Las instalaciones y equipos se encuentran reglamentariamente señalizadas.		
3.8	Se generan lixiviados		
3.9	En la planta se generan lixiviados	X	
3.10	Los lixiviados se vierten al alcantarillado		X
3.11	Los lixiviados se vierten a un cuerpo hídrico	X	
3.12	El vertimiento de lixiviado es continuo		X
3.13	El vertimiento de lixiviado es discontinuo	X	
3.14	En la planta se generan olores ofensivos	X	
3.15	En la planta hay presencia de aves de carroña	X	

3.16	En la planta se genera ruido		X
3.17	En la planta hay acumulación de residuos no aprovechables	X	
3.18	Hay presencia de vectores en las diferentes áreas	X	

### 6.2.3 Estudio de Tiempos y Movimientos.

Por medio del estudio de tiempos y movimientos se busca establecer la eficiencia de la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) en términos de tiempos requeridos para sus procesos y actividades, productos generados y subproductos o desechos. En la figura 6.6 se observa los procesos operativos de la planta de Guaduas

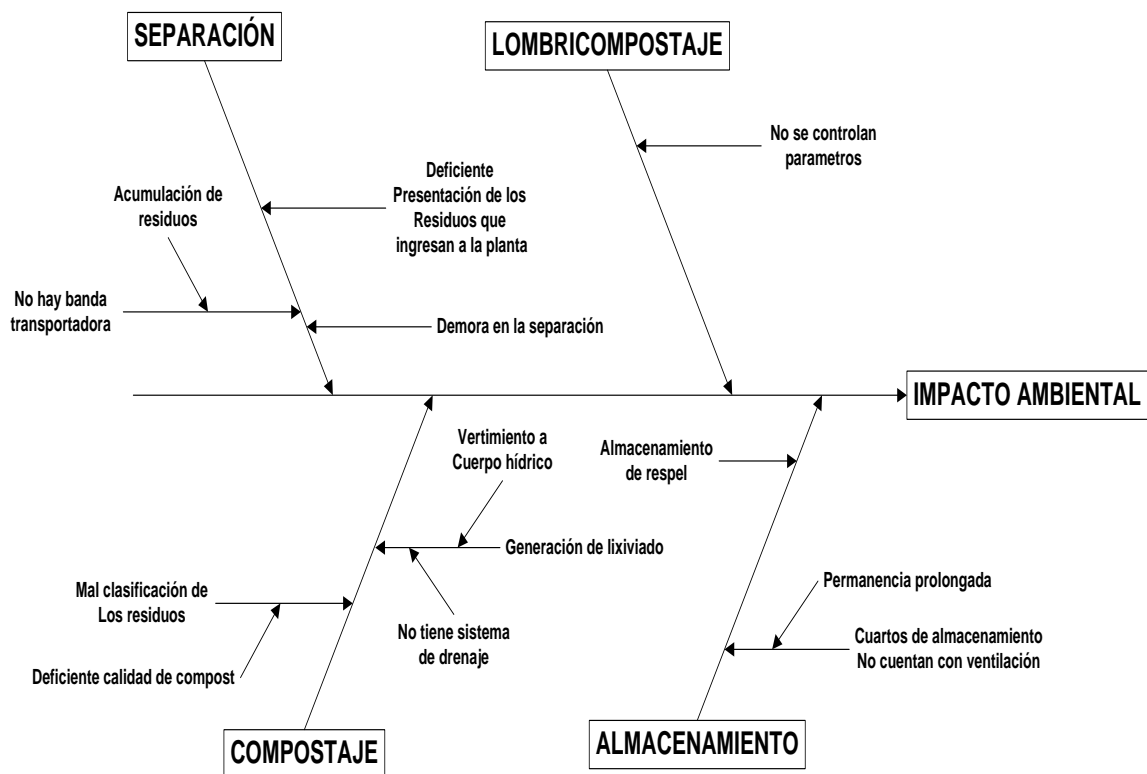
Figura 6. 6 Diagrama de flujo del proceso



### 6.2.3.1 Identificación de Causas del Problema.

Con el fin de hallar posibles causas que originan el problema se realizó un diagrama Causa-Efecto (Figura 6.7), herramienta gráfica que representa varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (defecto), ayudando a la generación de ideas relacionadas con un problema y a su vez sirve de base para determinar su solución.

Figura 6. 7 Diagrama Causa - Efecto



### 6.2.3.2 Lectura del Diagrama Causa Efecto

#### **Procesos Críticos**

- ✓ Separación de Residuos

La separación de residuos incide de manera directa en el funcionamiento de la Planta, ya que es la primera y más importante actividad que se lleva a cabo; pues, un retraso, significa la demora en la ejecución de las actividades restantes, además de la acumulación de residuos fuera de la cubierta, que en épocas de lluvias, escurren por gravedad a la quebrada.



La separación incorrecta, no solo incide en el retraso de actividades, sino que, de manera directa, afecta la producción de abono orgánico en el área de aprovechamiento (Compostaje y lombricompostaje). Pues, la presencia de contaminantes (pedazos de vidrio, plástico, concentración de metales pesados) crean las condiciones necesarias para producir un abono de baja calidad, que usualmente se utiliza como recubrimiento diario en los “rellenos sanitarios”, con lo que los nutrientes y la materia orgánica termina siempre en el basurero. Mientras que el compost de buena calidad se utiliza en agricultura, reforestación, horticultura, jardinería, como recubrimiento (mulch) de suelos cultivados, para propagación y siembra en macetas (invernaderos), parques, etc.

✓ Compostaje

En la fase de compostaje, la afectación al medio ambiente es generada por la producción de lixiviados. Esta se debe a un mal diseño de las composteras, ya que no contemplaron un sistema de drenajes para el lixiviado es vertido al cuerpo hídrico más cercano.

### 6.2.3.3 Cursograma Analítico de Tiempos y Movimientos.

El cursograma analítico es un diagrama que presenta un cuadro general de cómo suceden las principales operaciones e inspecciones, utilizando una simbología especial para designar las Operaciones, Inspecciones, Transportes, Depósitos Provisionales o Esperas y Almacenamientos.

○ OPERACIÓN

Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. La operación hace avanzar al material, elemento o servicio un paso más hacia el final, bien sea al modificar su forma o su composición química o bien al añadir o quitar elementos. La operación también puede consistir en preparar cualquier actividad que favorezca la terminación del producto esperado.

□ INSPECCIÓN

Indica la inspección de la calidad en la separación y/o verificación de la cantidad separada. La inspección sólo sirve para comprobar si una operación se ejecutó correctamente en lo que se refiere a calidad de separación.

➡ TRANSPORTE

Indica el movimiento de los trabajadores, residuos o equipo de un lugar a otro. Existe transporte cuando un objeto de traslada de un lugar a otro, salvo que el traslado forma parte de una operación o sea efectuado por un operario en su lugar de trabajo al realizar una operación o una inspección.

## D ESPERA

Indica demora en el desarrollo de los hechos; por ejemplo trabajo en entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo, no registrado, de los residuos transportados.

## ▽ ALMACENAMIENTO

Indica depósito de los residuos separados en un almacén donde se lo recibe para ser comercializados.

En el cuadro 6.11 se muestra en análisis de tiempos y movimientos realizado en la planta de aprovechamiento de residuos del municipio teniendo en cuenta todas las operaciones que allí se realizan.

CUADRO 6. 11 Análisis de tiempos.

<b>Objeto:</b> Planta de manejo integral de residuos sólidos PMIRS Guaduas.				<b>Actividades:</b> descargue, separación, almacenamiento y aprovechamiento de residuos sólidos municipales.			
<b>Operarios:</b> 20				<b>Supervisor:</b> 1			
No	OPERACIÓN	TIEMPOS (minutos)					
		T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>5</sub>	PROM.
1	Descargue Volqueta OIJ-082	20.16	17	25.3	22.1	22.3	21.4
2	Descargue Compactador OIK-064	8.15	10.12	8.1	8.3	6.15	8.2
3	Separación (1 viaje Compactador)	2800	2800	3600	3600	2800	3120.0
4	Separación (1 viaje volqueta)	1440	2160	1440	2160	1440	1728.0
5	Cargue caneca con residuos no aprovechables	15	14	16.34	17	18	16.1
6	Evacuación Residuos No aprovechables	16.6	15.6	16.52	14.3	19.32	16.5
7	Cargue de carreta con orgánico	12.55	13.2	17.1	19	17.26	15.8
8	Evacuación Orgánico en carreta	15	16	19	16	12	15.6
9	Evacuación Orgánico en Bobcat	9	11.3	12.2	13.8	12.2	11.7
10	Cargue de globo con PET	5.1	4.48	4.21	4.36	4.39	4.5

11	Evacuación y almacenamiento PET	3.48	3.55	4.1	3.42	3.55	3.6
12	Cargue de material aprovechable (papel, cartón, aluminio, chatarra, madera, vidrio etc)	4.1	4.19	3.35	4.23	11	5.4
13	Movilización y almacenamiento de material aprovechable (papel, cartón, aluminio, chatarra, madera vidrio, etc)	10.56	10.3	10.15	10.05	10.3	10.3
14	Movilización de compost a camas de lombricompostaje en BoBcat	5.13	6.56	5.15	6.14	8.49	6.3
15	Alimentación de una (1) cama del lombricultivo	10	14.8	15.7	15.34	15.13	14.2
16	Almacenamiento de humus	12	9	13	10	13	11.4
17	Cernido de una (1) tonelada de Humus	2160	2160	2160	2160	2160	2160.0
18	Empacado de una (1) tonelada de humus	58	60	60.15	60.33	59.48	59.6
19	Limpieza de 1 kg de Cobre	45.06	55.45	58.56	56.16	48.33	52.7
20	Limpieza de 1 kg de Metales	20	15.38	18.12	20.09	19.45	18.6
21	Limpieza de 1 kg de Aluminio	19.35	20.23	23.57	24.05	23.09	22.1
22	Limpieza de 1 kg de Bronce	25.23	20.17	23.49	30.33	25.27	24.9

En la figura 6.12 se muestra el cursograma de los procesos que se llevan a cabo en la planta con su respectivo análisis de tiempo de las operaciones de la misma.

CUADRO 6. 12 Cursograma Analítico de Tiempos y Movimientos

CURSOGRAMA ANALÍTICO									
Objeto: Planta de manejo integral de residuos sólidos PMIRS Guaduas.				RESUMEN					
				ACTIVIDAD			SÍMBOLO		
				Operación			○		
				Inspección			□		
Actividades: descargue, separación, almacenamiento y aprovechamiento de residuos sólidos municipales.				Transporte			⇒		
				Espera			D		
Operarios: 20 - Supervisor: 1				Almacenamiento			▽		
No	OPERACIÓN	D (m)	T (min)	SÍMBOLO					OBSERVACIONES
				○	□	⇒	D	▽	
1	Descargue Volqueta OIJ-082	-	21.4						
2	Descargue Compactador OIK-064	-	8.2						
3	Separación (1 viaje Compactador)	-	3120.0						
4	Separación (1 viaje volqueta)	-	1728.0						
5	Cargue caneca con residuos no aprovechables	-	16.1						
6	Evacuación Residuos No aprovechables	27	16.5						
7	Cargue de carreta con orgánico	-	15.8						
8	Evacuación Orgánico en carreta	88	15.6						
9	Evacuación Orgánico en Bobcat	88	11.7						
10	Cargue de globo con PET	-	4.5						
11	Evacuación y almacenamiento PET	15	3.6						
12	Cargue de material aprovechable (papel, cartón,	-	5.4						

	aluminio, chatarra, madera, vidrio etc)								
13	Movilización y almacenamiento de material aprovechable (papel, cartón, aluminio, chatarra, madera vidrio, etc)	40	10.3						
14	Movilización de compost a camas de lombricompostaje en BoBcat	-	6.3						
15	Alimentación de una (1) cama del lombricultivo	73	14.2						
16	Almacenamiento de humus	-	11.4						
17	Cernido de una (1) tonelada de Humus	95	2160.0						
18	Empacado de una (1) tonelada de humus	-	59.6						
19	Limpieza de 1 kg de Cobre	-	52.7						
20	Limpieza de 1 kg de Metales	-	18.6						
21	Limpieza de 1 kg de Aluminio	-	22.1						
22	Limpieza de 1 kg de Bronce	-	24.9						

#### 6.2.3.4 Lectura del Cursograma Analítico

Como se observa en los resultados que arrojó el estudio, el tiempo que demora la cuadrilla (4 operarios) en la separación de residuos es 52 horas, en turnos de 8 horas laborales al día, para una total de 6.5 turnos gastados en la separación de un viaje de 8 m<sup>3</sup> descargados por el camión compactador. Es decir, cada operario separa 0.04 m<sup>3</sup> / hora, aprox.

Lo cual indica que la cuadrilla no es eficiente, esta demora en la separación tiene razones de fondo. Una de ellas, es la ausencia de equipamiento apropiado para su separación, como tolvas y banda transportadora, lo cual genera cansancio, y dolencias musculares producto de la defectuosa posición ergonómica del operario.

La acumulación de residuos, genera los problemas existentes actualmente, uno de ellos es la generación de lixiviado, producto de la exposición de los residuos a la lluvia y demás factores climáticos incidentes en la descomposición y arrastre de material orgánico y no aprovechable.

#### **6.2.4 Área de Descargue**

Esta área tiene una cubierta insuficiente, porque al no contar con un procedimiento estandarizado y la ausencia de equipamiento para atender el gran volumen de residuos que ingresan (13 ton/día), se acumulan y el tiempo de permanencia antes de su separación, crea las condiciones para la generación de lixiviados que no tienen manejo y, que en época de invierno, aumentan su volumen para ser vertidos en la Quebrada el Naranjal, la cual circunda la planta

Esta área no cuenta con tolvas de descargue, las cuales son utilizadas para evitar el contacto de los residuos con el suelo y por ser herramienta útil para conducirlos a la banda transportadora para su separación.



Foto 6. 9 Área de descargue

#### **6.2.5 Área de Separación de Residuos.**

El área de separación carece de banda transportadora y trituradora, los operarios se encargan de separar los residuos sólidos domiciliarios en aprovechables inorgánicos y orgánicos y material no aprovechable. Este proceso lo realizan los operadores manualmente exponiéndose a contraer enfermedades infectocontagiosas al no contar con los elementos mínimos de protección personal; cada uno de ellos tiene un área de trabajo aproximada de 2 m<sup>2</sup> y cuentan con equipos para almacenar los residuos separados para que un operario se encargue de almacenarlos o disponerlos según el material cuando sea necesario. Durante la separación, los operarios tienen que sortear con aves de carroña, ratas, serpientes, etc.



Foto 6. 10 Área de separación

#### 6.2.6 Área de Almacenamiento.

Los cuartos de almacenamiento fueron construidos en ladrillo sin ningún tipo de enchape en cerámica y su ventilación insuficiente. En estos cuartos se encuentran almacenados residuos con características peligrosas\* como bolsas de suero y equipos de venoclisis, los cuales representan un gran peligro para el personal de la planta, quienes no tienen conocimiento sobre este tipo de material y su manejo.



Foto 6. 11 Cuartos de almacenamiento

#### 6.2.7 Área de Compostaje.

Los residuos orgánicos son transportados al área de compostaje para apilarlos allí alrededor de dos meses; cada pila tiene un diámetro de 2 metros y altura de 1.2 metros.



Foto 6. 12 Pilas de Compostaje

Su estructura cuenta con ventilación, es de un solo nivel, lo cual permite que los lixiviados se acumulen y sean vertidos a la quebrada. Convirtiéndose así, en una de las problemáticas de la planta, pues no cuenta con drenaje, generando un impacto negativo sobre el suelo y fuentes hídricas de la zona.

Durante el proceso, no se realiza control de los parámetros más importantes como son: temperatura, humedad, y pH. Esto se traduce en una deficiente operación del proceso, ya que se trata de una operación empírica por parte de los operarios.

Los volteos de las pilas se realizan con una retroexcavadora y un Bobcat, los cuales sirven para el transporte del compost maduro a las camas de lombricompostaje.

#### **6.2.8 Área de Lombricompostaje.**

Pasados dos meses que dura el material orgánico en compostaje, es transportado a las camas de lombricompostaje para la producción de humus. La planta cuenta con 74 camas repartidas en tres zonas (*ver foto 6.13*); la alimentación de las camas es de una vez por semana hasta alcanzar una altura de 0,80 a 1 m en un proceso que puede durar entre cinco y seis meses para su producción, además de esto se conserva la humedad de la zona por medio de riego a las camas dos veces por semana; las áreas de lombricompostaje están cubiertas con polisombra procurando conservar al máximo las lombrices.





Foto 6. 13 Camas de lombricompostaje

El procedimiento de producción de humus consiste en disponer el compost en camas de concreto, con malla plástica, posteriormente se inoculan allí altas densidades de población (20- 30,000 / m<sup>2</sup>) lombrices composteadoras de la especie Roja Californiana Anélido invertebrado, que tiene el cuerpo formado por numerosos anillos. Es un animal con un organismo adecuado para biodegradar desechos orgánicos. Es muy voraz, prolífico y dócil, capaz de vivir en grandes concentraciones y adaptable a distintos climas; Son ellas las que con su eficiente metabolismo, transforman los compuestos orgánicos originales en componentes nutritivos, minerales y ácidos húmicos, de excepcional presentación, calidad y propiedades nutrimentales.

Una vez que las excretas de las lombrices se acumulan suficientemente en las camas, las lombrices se atraen con alimento fresco a las capas superficiales y el abono orgánico, -acumulado en las capas más internas-, es retirado y almacenado bajo sombra para su maduración completa y reducida su humedad a valores óptimos, después de lo cual el Humus de Lombriz se encuentra listo para su tamizado, empaclado y distribución.

#### **6.2.9 Área de Cernido de Humus.**

Terminado el proceso del lombricompostaje el humus es transportado a la zona de cernido o zarandeo para separar las partículas inorgánicas que hayan quedado al final del proceso y de esta manera clasificar y empaclar el producto final del aprovechamiento de la materia orgánica.

El humus no es comercializado, motivo por el cual su almacenamiento es por un largo periodo de tiempo, acumulándose y perdiendo la producción por una deficiente operación.



Foto 6. 14 Área de cernido

#### 6.2.10 Horno Incinerador.

En esta área se incineran los residuos sólidos no reutilizables por medio de un horno incinerador (*Ver foto 6.15*) CV 600 de marca PROINDUL LTDA. Trabaja con A.C.P.M. y tiene un flujo másico de 200 kg/h. su sistema de control de emisión de gases es un ciclón.

A pesar de contar con este equipo el horno no ha podido ser operado con regularidad debido los costos de operación, con un consumo diario de un millón de pesos (\$ 1.000.000) que equivalen aprox. a 169 galones de ACPM. Especificaciones técnicas.



Foto 6. 15 Horno incinerador

#### 6.2.11 Oportunidades de Mejoramiento en la PMIRS.

En el siguiente cuadro se establecen las oportunidades de mejoramiento por área que podrían ser implementadas en la planta de manejo integral de residuos sólidos del municipio de Guaduas.

CUADRO 6. 13 Oportunidades de Mejoramiento PMIRS

ÁREA	OPORTUNIDADES DE MEJORAMIENTO
Descargue	Diseño área de descargue, ampliación de vías y pavimentación.
	Instalación de tolva de descarga
Separación	Instalación de banda transportadora para la separación de residuos
	Máquina trituradora para residuos orgánicos, para mayor eficiencia de producción en la compostera, reduciendo tiempos de permanencia de los residuos en esta etapa
	Por medio de manuales de operación establecer los tiempos y movimientos de los operarios de la planta.
Cuartos de almacenamiento	Diseño de cuartos de almacenamiento. Enfatizando en ventilación, drenaje, material de paredes y pisos.
	Diseño de cuarto frío para residuos peligrosos que ingresan a la planta.
Compostaje	Control de los parámetros (humedad, temperatura, pH, C/N) que influyen en el proceso de compostaje, por medio de la adquisición de instrumentos que permitan su medición
	Diseño del sistema de drenaje para conducir los lixiviados generados durante el proceso a la unidad de tratamiento.
Lombricompostaje	Control operacional de las camas de lombricompostaje, mediante manuales de operación y mantenimiento
	Control de los parámetros que influyen en el proceso, por medio de la adquisición de instrumentos que permitan su medición y cuantificación
Horno Incinerador	Conversión de combustible (diesel a gas natural), Con esto se logra una disminución en el costo de su funcionamiento.
Cernido Humus	Adecuación de la estructura física para el correcto almacenamiento del humus producido.
	Adquisición de las herramientas necesarias para el cernido del humus producido

### 6.3 CARACTERIZACIONES FISICOQUÍMICAS Y PRUEBAS EN CAMPO.

Se realizaron caracterizaciones fisicoquímicas de agua y residuos sólidos, las pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de Ingeniería Ambiental de la Universidad de la Salle. Los métodos analíticos utilizados son del Standard Methods. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

### 6.3.1. Caracterización Cuerpos Hídricos Impactados.

Se realizó un monitoreo y caracterización fisicoquímica de la quebrada El Naranjal, cuerpo hídrico en el cual se vierten los lixiviados generados en el área de separación y compostaje.

Las muestras fueron tomadas aguas arriba y aguas abajo del punto de vertimiento, y además se tomo una muestra del lixiviado vertido. En el cuadro 6.14 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de la muestra tomada aguas arriba del vertimiento.

CUADRO 6. 14 Análisis aguas arriba del vertimiento

PARAMETRO ANALIZADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	CONCENTRACIÓN MUESTRA	VALOR ADMISIBLE RES. 2115 DE 2007
pH	----	SM 4500 H + - B	7,22	6.5 - 9.0
Color	UPC	SM 2120 – B	8	15
Turbiedad	NTU	SM 2130 – B	28,6	2
Nitratos	mg/L	Espectrofotómetro HACH	1,4	10
Nitritos	mg/L	Espectrofotómetro HACH	8	0.1
Sólidos Totales	mg/L	SM 2540 – B	188	-

En el cuadro 6.15 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de la muestra tomada aguas abajo del vertimiento.

CUADRO 6. 15 Análisis aguas abajo del vertimiento

PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	CONCENTRACIÓN MUESTRA	VALOR ADMISIBLE RES. 2115 DE 2007
pH	----	SM 4500 H + - B	7.15	6.5 - 9.0
Color	UPC	SM 2120 – B	10	15
Turbiedad	NTU	SM 2130 – B	24.9	2
Nitratos	mg/L	Espectrofotómetro HACH	7.6	10
Nitritos	mg/L	Espectrofotómetro HACH	7	0.1
Sólidos Totales	mg/L	SM 2540 – B	222	-

En el cuadro 6.16 se muestran los resultados de la caracterización fisicoquímica de la muestra tomada del vertimiento sobre la quebrada El Naranjal.

CUADRO 6. 16 Análisis lixiviados

PARÁMETRO ANALIZADO	UNIDAD	MÉTODO ANALÍTICO	CONCENTRACIÓN MUESTRA
pH	----	SM 4500 H + - B	7.45
Color	UPC	SM 2120 – B	120
Turbiedad	NTU	SM 2130 – B	70
Nitratos	mg/L	Espectrofotómetro HACH	1.8
Nitritos	mg/L	Espectrofotómetro HACH	2
Sólidos Totales	mg/L	SM 2540 – B	222
DQO	mg/L	Nanocolor	5600

#### 6.3.1.1 Análisis de Resultados

Los parámetros seleccionados para el análisis fisicoquímico del cuerpo hídrico, fueron tomados de la resolución 2115 de 2007 en la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para consumo humano.

El muestreo se realizó en tres puntos diferentes, aguas arriba y aguas abajo del punto de vertimiento de lixiviados, de igual forma, se caracterizó el lixiviado vertido.

Con base en los resultados obtenidos, se determina que el agua no es apta para consumo humano, ya que los valores de turbidez, nitritos y nitratos exceden el valor de la normatividad vigente. Además se evidencia una baja carga orgánica en los análisis practicados a las muestras aguas abajo del punto de vertimiento, de esta forma se determina que el lixiviado vertido en ese punto causa un bajo impacto a las característica fisicoquímicas de la quebrada El Naranjal.

En el decreto 1594 de 1984 el vertimiento de lixiviados está prohibido, para esto se debe remover el 80% en carga orgánica. Sin embargo el impacto generado es mínimo, dado que la quebrada tiene capacidad depuradora en su recorrido y el volumen vertido es tan solo de 9 L/día. Sin embargo, la quebrada es de vital importancia para las veredas que la circundan aguas abajo, pues, en la actualidad existen 60 usuarios que captan agua de la quebrada para su consumo humano y necesidades básicas, así como para uso agrícola y bovino.

### 6.3.2 Caracterización Química de los Residuos Sólidos Municipales (RSM).

La importancia de la relación carbono/nitrógeno es que son elementos limitantes en el crecimiento y reproducción de los organismos.

Se realizó una caracterización química del compost determinando la relación C/N. la metodología empleada fue Kjeldahl, Dewis y Freitas, 1970. Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 6.17.

CUADRO 6. 17 Análisis Químico de los Residuos Sólidos

MATERIAL	PORCENTAJE EN PESO (BASE SECA)			
	Cp (kcal/kg)	Humedad % en peso	C	N
Materia orgánica	1.111	70	90.1	4.15
PET	7.778	2	60	-
Cartón	3.889	5	44	0.3
Papel	4.000	6	43.5	0.3
Textiles	4.167	10	55	4.6

### 6.3.3 Caracterización Física de los Residuos Sólidos Municipales (RSM)

El principal problema de los residuos sólidos en todas las ciudades y municipios de Colombia es la Generación. Una manera práctica de controlarse es conociendo cuánto se produce, qué se produce y en dónde se están produciendo los Residuos Sólidos Municipales. Conocer esta información permite, entre otras cosas establecer que equipos deben usarse para la recolección, cuántas microrutas deben existir, la frecuencia, el personal y qué tipo de aprovechamiento debe implementarse.

Teniendo en cuenta que las actividades socioeconómicas, el clima, la población y los patrones de consumo del Municipio de Guaduas tienen las mismas características tanto en la cabecera Municipal como en las tres Inspecciones de Policía Puerto Bogotá, La Paz y Guaduro y las dos Áreas pobladas El Alto del Trigo y La Cabaña, para la caracterización de los residuos se zonificó el municipio en residuos sólidos residenciales donde se tienen en cuenta los estratos socioeconómicos 1,2,3 y 4, residuos sólidos oficiales y residuos sólidos comerciales para todo el municipio.

#### 6.3.3.1 Metodología de muestreo

Teniendo en cuenta las características socioeconómicas del municipio de Guaduas y la información recolectada en documentos tales como el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS), la metodología que más se ajusta para la determinación de la muestra con fines de caracterización de los residuos

sólidos es la propuesta por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS)

Ecuación:

$$\text{Ecuación 6. 1} \quad n = \frac{N\sigma^2 Z^2}{(N-1)E^2 + Z^2\sigma^2}$$

Donde:

$n$ : tamaño de la Muestra

$N$ : tamaño de la Población

$E$ : Error Permisible

$\sigma$ : Varianza Poblacional

$Z$ : Coeficiente de confianza

### 6.3.3.2 Tamaño de la Muestra

En el cuadro 6.18 se observan los valores y sus fuentes, utilizados para el cálculo del tamaño de la muestra para realizar los cuarteos de los residuos sólidos municipales.

CUADRO 6. 18 Información para el cálculo del tamaño de la Muestra

VARIABLE	VALOR	UNIDADES	FUENTE
Varianza de la Población ( $\sigma^2$ )	0.003375	Kg/hab.día	Calculado
Media de la Población ( $\mu$ )	0.33	Kg/hab.día	PGIRS
Número total de viviendas ( $N$ )	4,704	usuarios	Estimado
Coeficiente de confianza ( $Z$ )	95	%	CEPIS
Error Permisible ( $E$ )	10	%	CEPIS
Densidad Poblacional	4	Hab/Vivienda	PGIRS

El siguiente cuadro establece la cantidad de usuarios por área del municipio y el tamaño de la muestra que se tomó para cada nivel socioeconómico en el momento del cuarteo.

CUADRO 6. 19 Tamaño de la muestra

Estratificación social	Casco Urbano	Puerto Bogotá	La Paz	El Trigo La Cabaña	Guaduario	TOTAL Usuarios	%	n
Estrato 1	644	124	50	-	-	818	17	2
Estrato 2	1880	834	185	-	70	2,969	63	7
Estrato 3	223	64	50	-	-	337	7	1
Estrato 4	147	-	-	-	-	147	3	0.4
Oficiales	10	5	5	-	4	24	1	0.1
Ind y Comercial	296	28	10	70	5	409	9	1
<b>TOTAL</b>	<b>3200</b>	<b>1055</b>	<b>300</b>	<b>70</b>	<b>79</b>	<b>4,704</b>	<b>100</b>	<b>12</b>

Para el estrato 4 y los usuarios oficiales se tomó una (1) muestra para cada uno con el fin de hacer más significativo el muestreo resultando 13 muestras en total.



### 6.3.3.3 Caracterización física de los RSM

Con el fin de establecer información confiable se realizaron seis (6) caracterizaciones físicas utilizando el método del cuarteo con base en las muestras calculadas por el método del CEPIS (2005). Los cuarteos se realizaron en diferentes épocas del año para conocer de forma acertada el comportamiento de la producción de residuos en el municipio de acuerdo a la época.

El primer cuarteo se realizó el Viernes 5 de Septiembre de 2008 cinco días antes de las ferias comerciales y ganaderas de Guaduas luego se realizó el Sábado 20 de Septiembre de 2008 después de las ferias comerciales y ganaderas para comparar la generación de residuos en esta época del año donde la población flotante aumenta considerablemente y por lo tanto las actividades comerciales también. El tercer muestreo fue el viernes 26 de diciembre de 2008 en plena temporada vacacional. El cuarto se llevó a cabo el lunes 23 de marzo de 2009 nuevamente en temporada de vacaciones de semana santa donde la población flotante aumenta. Los dos últimos cuarteos se realizaron el sábado 18 de Julio de 2009 y sábado 15 de Agosto de 2009 dos sábados de fin de semana festivo pero de bajo impacto turístico y comercial en el municipio de Guaduas.



Foto 6. 16 Limpieza del espacio para el cuarteo



Foto 6. 17 Recolección de las muestras



Foto 6. 18 Mezcla de las muestras



Foto 6. 19 Pesaje de los residuos



En las fotos 6.16, 6.17, 6.18, y 6.19 se observa la metodología del cuarteo utilizada para la caracterización física de los residuos sólidos municipales.

La producción per capital de residuos sólidos por estrato socioeconómico se muestra a continuación en la tabla 6.4 y en la tabla 6.5 se muestra la producción per capital de los establecimientos oficiales así como de los comerciales e industriales.

TABLA 6. 4. Producción de residuos sólidos residenciales

<b>Estratificación social</b>	<b>p.p.c. (kg/hab.día)</b>	<b>Producción kg/día</b>	<b>Producción Ton/mes</b>
Estrato 1	0.73	2,376	71
Estrato 2	0.70	8,316	249
Estrato 3	0.59	792	24
Estrato 4	0.67	396	12
<b>TOTAL</b>		<b>11,880</b>	<b>356</b>

**FUENTE:** Los Autores

TABLA 6. 5 Producción de residuos sólidos comerciales, industriales y oficiales.

<b>Estratificación social</b>	<b>p.p.c. kg/estab.día</b>	<b>Producción kg/día</b>	<b>Producción Ton/mes</b>
Oficiales	3.00	288	9
Comercial e Ind.	3.39	1386	43
<b>TOTAL</b>		<b>1674</b>	<b>50</b>

**FUENTE:** Los Autores

Los valores de p.p.c. se encuentran dentro del rango establecido en el RAS Titulo F 2008 para poblaciones con nivel de complejidad medio alto como el caso de Guaduas. En la tabla 6.6 se resumen los resultados de las p.p.c. por estrato socioeconómico.

TABLA 6. 6 Producción mensual de residuos sólidos en el municipio de Guaduas.

<b>COMPONENTE</b>	<b>p.p.c.</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>PRODUCCIÓN (ton/mes)</b>
<b>Residencial</b>	0.67	kg/hab.día	356
<b>Comercial</b>	3.5	kg/Estab.día	42
<b>Oficial</b>	3	kg/Estab.día	9
<b>TOTAL</b>			<b>407</b>

**FUENTE:** Los Autores

Para la caracterización física se utilizaron tres categorías, la primera categoría fueron los residuos aprovechables donde se ubica el PET, PEBD, cartón, papel, vidrios, otros plásticos, aluminio, metal chatarra, cobre y todos los materiales que

puedan ser aprovechados nuevamente. La segunda categoría residuos orgánicos donde se ubican los residuos de alimentos, la madera y residuos de las podas y corte de césped. La última categoría fueron los residuos No aprovechables donde encontramos los residuos higiénicos, Textiles, cabello y todo lo que no puede ser aprovechado.

Las graficas 6.8, 6.9, y 6.10 muestran la caracterización física de los residuos sólidos del municipio de Guaduas Cundinamarca por estrato socioeconómico.

Figura 6. 8 Caracterización física de los residuos sólidos residenciales.

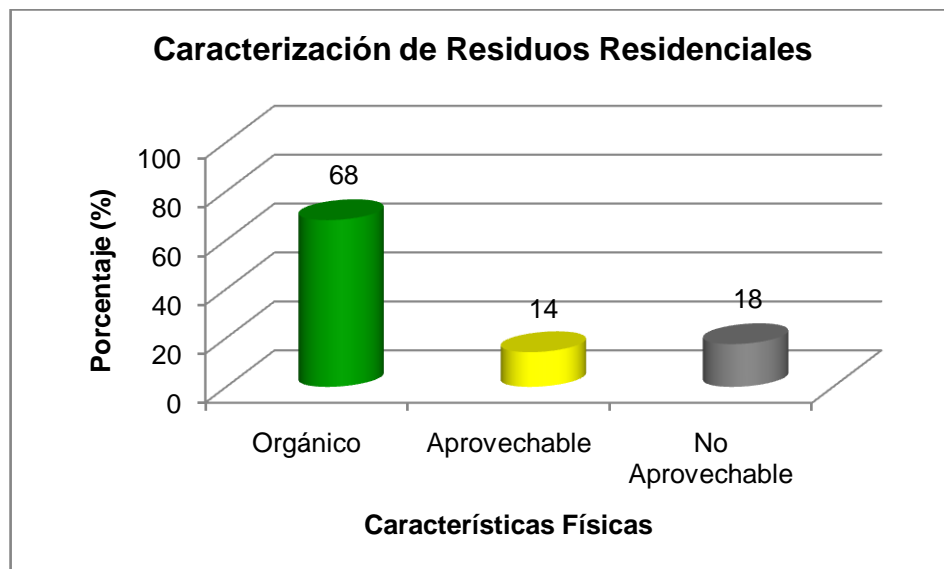


Figura 6. 9 Caracterización Física de los Residuos Solido Comerciales

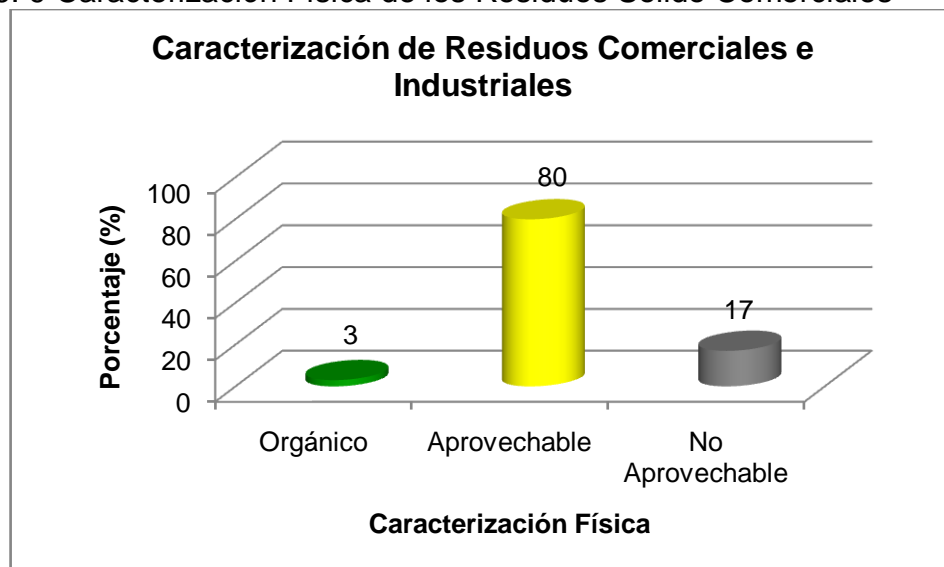
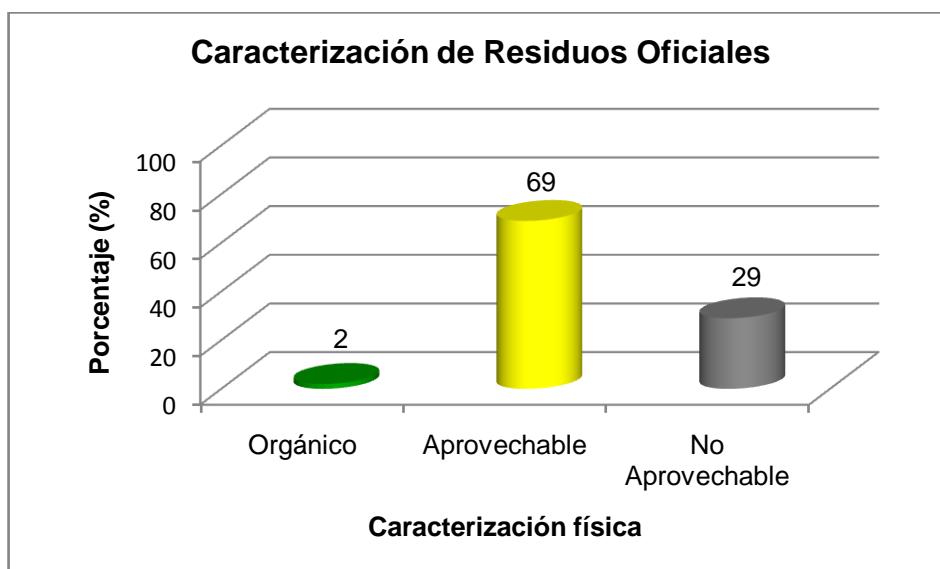


Figura 6. 10 Caracterización Física de los Residuos solido Oficiales



#### 6.3.4 Pruebas de Infiltración del terreno de la PMIRS

En el terreno de la PMIRS se realizaron tres (3) pruebas de infiltración para evaluar los posibles riesgos de infiltración de Lixiviados y la posible contaminación de agua subterránea que se puedan presentar en las zonas donde se acumulan los residuos No aprovechables a la intemperie generando lixiviados así como en la zona de compostaje y de esta manera proponer alternativas de manejo.

Para la realización de las pruebas de infiltración se tomo como guía el Apéndice A del Manual de Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS).

La tasa de filtración (tiempo requerido para que el agua baje 2,5 cm en minutos) se expresa frecuentemente en min/2,5 cm porque es equivalente a min/pulgada y muchas tablas y normas de diseño vienen expresadas en min/pulgada. Queda claro, entonces, que una tasa de percolación en min/2,5 cm es equivalente a una en min/pulgada, para el documento guía que se tomo para la realización de las pruebas.

##### 6.3.4.1 Localización de las pruebas de infiltración

Para especificar la ubicación de cada prueba de infiltración fue necesario georeferenciarlas con la utilización de un GPS y de esta manera comparar los resultados con los mapas de uso y tipo de suelos del municipio, en el cuadro 6.20

aparece la localización de cada una de las tres pruebas de infiltración realizadas en la planta de aprovechamiento de residuos sólidos.

CUADRO 6. 20 Localización pruebas de infiltración PMIRS

SITIO DE MUESTRA	COORDENADAS GEOGRÁFICAS	OBSERVACIONES
1	N= 05° 07' 2,5" W= 74° 36' 51,6"	Entre las bodegas de almacenamiento de material aprovechable y la acumulación de residuos sólidos no aprovechables
2	N= 05° 07' 2,4" W= 74° 36' 52,1"	Sobre la vía interna de la PMIRS en el patio de descargue frente a la acumulación de residuos sólidos no aprovechables
3	N= 05° 07' 2,1" W= 74° 36' 52"	Frente a la zona de compostaje

#### 6.3.4.2 Prueba de Infiltración 1

En la foto 6.20 se observa el montaje que se realizó para la primera prueba de infiltración en la planta de aprovechamiento, así como en el cuadro 6.1 aparecen los datos obtenidos en la prueba que son graficados como se observa en la figura 6.11

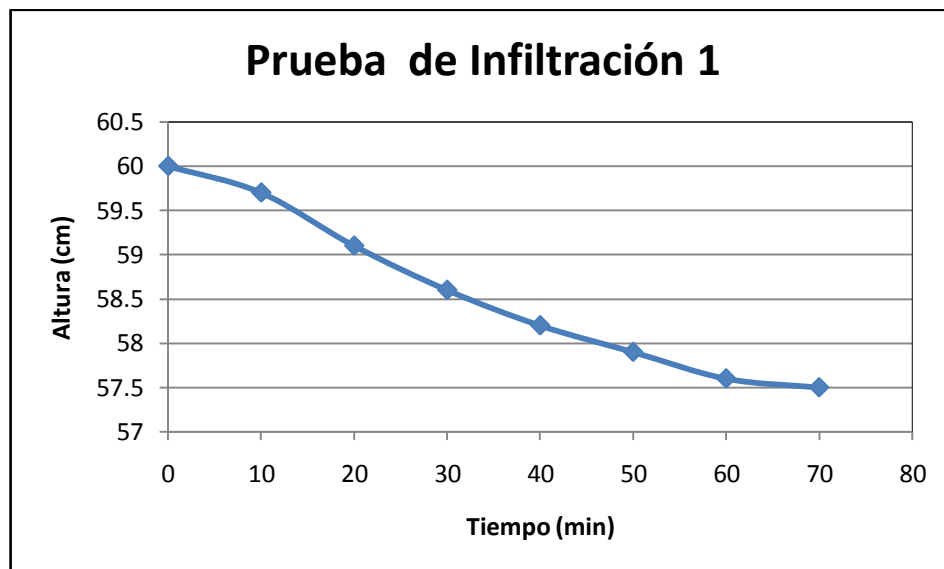


Foto 6. 20. Montaje prueba de infiltración 1.

CUADRO 6. 21 Datos tomados en prueba de infiltración 1.

Tiempo (min)	0	10	20	30	40	50	60	70
Altura (cm)	60	59.7	59.1	58.6	58.2	57.9	57.6	57.5

Figura 6. 11 Grafica prueba de infiltración 1.



$$\text{Tasa de filtración} = 70\text{min}/2,5\text{cm}$$

Esto quiere decir que el terreno es impermeable con un tipo de suelo arcilla compacta, el terreno es inapropiado para tratamientos que utilicen el suelo como medio de absorción por lo tanto el terreno es apropiado para la disposición de residuos sólidos en un relleno sanitario.

#### 6.3.4.3 Prueba de Infiltración 2.

En la foto 6.21 se observa el montaje que se realizó para la primera prueba de infiltración en la planta de aprovechamiento, así como en el cuadro 6.22 aparecen los datos obtenidos en la prueba que son graficados como se observa en la figura 6.112.

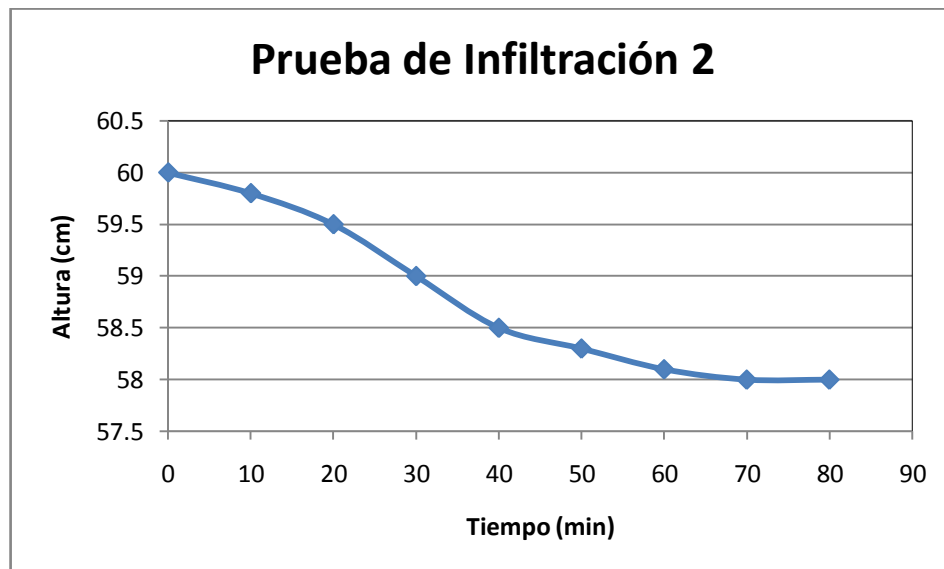


Foto 6. 21 Mediciones para la excavación de la prueba de infiltración 2.

CUADRO 6. 22 Datos tomados en prueba de infiltración 2.

Tiempo (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80
Altura (cm)	60	59.8	59.5	59	58.5	58.3	58.1	58	58

Figura 6. 12 Grafica Prueba de Infiltración 2.



$$Tasa\ de\ filtración = 100min/2,5cm$$

Esto quiere decir que el terreno es impermeable con un tipo de suelo arcilla compacta, el terreno es inapropiado para tratamientos que utilicen el suelo como medio de absorción por lo tanto el terreno es apropiado para la disposición de residuos sólidos en un relleno sanitario.

#### 6.3.4.4 Prueba de Infiltración 3.

En la foto 6.22 se observa el montaje que se realizó para la primera prueba de infiltración en la planta de aprovechamiento, así como en el cuadro 6.23 aparecen los datos obtenidos en la prueba que son graficados como se observa en la figura 6.13.

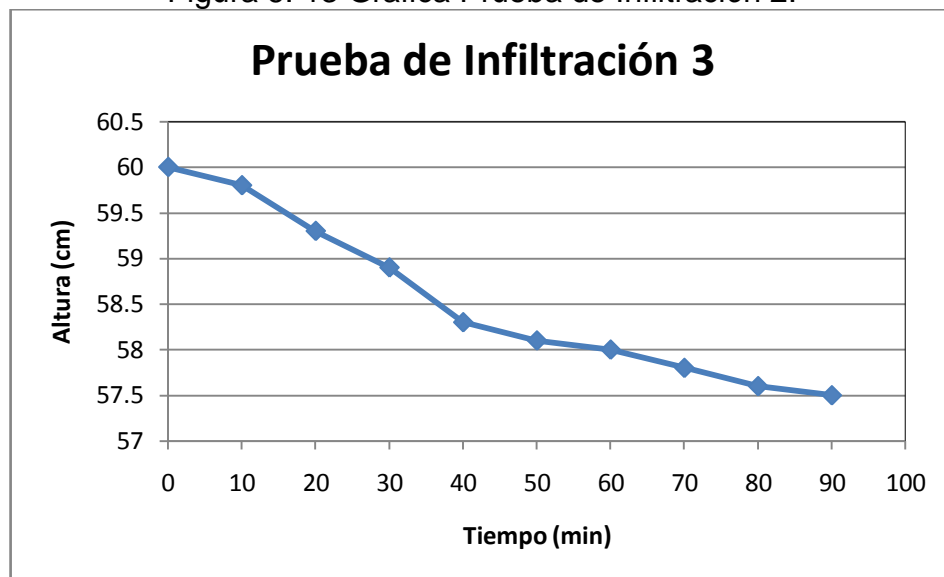


Foto 6. 22 Saturación con Agua de la excavación.

CUADRO 6. 23 Datos tomados en Prueba de Infiltración 3.

Tiempo (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Altura (cm)	60	59.8	59.3	58.9	58.3	58.1	58	57.8	57.6	57.5

Figura 6. 13 Grafica Prueba de Infiltración 2.



$$Tasa\ de\ filtracion_3 = 90min/2,5cm$$

Esto quiere decir que el terreno es impermeable con un tipo de suelo arcilla compacta, el terreno es inapropiado para tratamientos que utilicen el suelo como medio de absorción por lo tanto el terreno es apropiado para la disposición de residuos sólidos en un relleno sanitario.

El resultado de las tres pruebas indican que el terreno donde se encuentra ubicada la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS) del Municipio de Guaduas no tiene riesgos de infiltración de Lixiviados por lo tanto no presenta contaminación de agua subterránea. Esto no quiere decir que la acumulación de residuos no aprovechables que presenta se le deba dar una solución a largo plazo.

## 6.4 PROYECCIONES

### 6.4.1 Proyecciones de Población

De acuerdo con el último censo de población y vivienda DANE (2005) el municipio de Guaduas tenía 14.913 habitantes en la zona urbana que representaban el 48% de la población total, mientras que en la zona rural tenía 16.337 habitantes que representaban el 52% de la población.

Esto quiere decir que el municipio de Guaduas se encuentra en el nivel de complejidad Medio Alto teniendo en cuenta su población en la cabecera municipal, según lo establece el Título F del RAS 2008. Las proyecciones de población para los municipios que se ubican en este nivel de complejidad se deben realizar por el método Geométrico. Para el presente estudio se realizaron proyecciones de Población a diez años a partir del año 2009, utilizando una tasa de crecimiento global de 2.8%. Los resultados de dichas proyecciones se presentan a continuación.

#### *Método Geométrico*

Ecuación 6. 2

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

Donde:

Pf: Población (hab) correspondiente al año para el que se quiere proyectar la población,

Puc: Población (hab) correspondiente al último año censado con información

Tuc: Año correspondiente al último año censado con información

Tf: Año al cual se quiere proyectar la información.

Ecuación 6. 3

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc} - T_{ci})}} - 1$$

Donde:

r: Tasa de crecimiento

Pci: Población (hab) correspondiente al censo inicial con información Tci: Año correspondiente al censo inicial con información; y las demás variables se definen igual que en la ecuación anterior.



#### 6.4.1.1 Cálculo de las proyecciones.

En el cuadro 6.24 se muestra la población del municipio de Guaduas según los censos realizados por el DANE en los años 1993 y 2005.

CUADRO 6. 24 Censos de población del municipio de Guaduas

AÑO	Población		TOTAL
	Resto	Cabecera	
1993	14614	8244	22858
2005	16780	15051	31831

$$r = \left( \frac{P_{uc}}{P_{ci}} \right)^{\frac{1}{(T_{uc}-T_{ci})}} - 1$$

$$r = \left( \frac{31831}{22858} \right)^{\frac{1}{(2005-1993)}} - 1$$

$$r = 0.0278 \approx 2.8$$

$$P_f = P_{uc}(1 + r)^{T_f - T_{uc}}$$

$$P_{2010} = 31831(1 + 0.028)^{2010-2005}$$

$$P_{2010} = 36546 \text{ hab.}$$

Y así sucesivamente se hace el cálculo para cada año como se muestra en el cuadro 6.25 desde el año 2005 hasta el 2019.

CUADRO 6. 25 Proyección de la población del municipio de Guaduas.

Año	Población		Total
	Resto	Cabecera	
2005	16,780	15,051	31,831
2006	17,249	15,472	32,722
2007	17,732	15,905	33,637
2008	18,228	16,350	34,578
2009	18,738	16,807	35,546
2010	19,263	17,278	36,540
2011	19,801	17,761	37,563
2012	20,356	18,258	38,614

2013	20,925	18,769	39,694
2014	21,511	19,294	40,805
2015	22,112	19,834	41,946
2016	22,731	20,389	43,120
2017	23,367	20,959	44,326
2018	24,021	21,546	45,567
2019	24,693	22,149	46,842

#### 6.4.2 Proyecciones de Residuos Sólidos

Teniendo en cuenta que los habitantes a los cuales se les presta el servicio de aseo actualmente, según información de la oficina de servicios públicos corresponde al 65%. Las proyecciones de generación de residuos las establecemos con este porcentaje de la población para cada año manteniendo la p.p.c. constante como se observa en el cuadro 6.26.

CUADRO 6. 26 Proyección de generación de residuos sólidos en el municipio de Guaduas

Año	p.p.c (kg/hab.día)	Población Total	Generación Residuos sólidos kg/día	Generación Residuos sólidos Ton/año
2009	0.67	23,107	15,481	5651
2010	0.67	23,754	15,915	5809
2011	0.67	24,419	16,361	5972
2012	0.67	25,102	16,819	6139
2013	0.67	25,805	17,290	6311
2014	0.67	26,528	17,774	6487
2015	0.67	27,271	18,271	6669
2016	0.67	28,034	18,783	6856
2017	0.67	28,819	19,309	7048
2018	0.67	29,626	19,849	7245
2019	0.67	30,456	20,405	7448

6. DIAGNÓSTICO.....	23
6.1 Diagnostico de la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en el municipio de Guaduas.....	23
6.1.1 Diagnóstico Administrativo .....	23
6.1.1.1 Personal.....	24
6.1.1.2 Funciones para la Prestación del servicio Público de Aseo.....	24
6.1.1.3 Usuarios del Servicio Público de Aseo .....	27
6.1.1.4 Aspectos Económicos .....	28
6.1.1.5 Tarifas Servicio de Aseo .....	29
6.1.2 Diagnostico Técnico Operativo del Servicio de Aseo .....	29
6.1.2.1 Generación de Residuos Sólidos.....	29
6.1.2.2 Separación en la Fuente.....	30
6.1.2.3 Presentación de los Residuos Sólidos Domiciliarios .....	31
6.1.2.4 Recolección y Transporte.....	31
6.1.2.4.1 Cobertura.....	31
6.1.2.4.2 Frecuencia.....	32
6.1.2.4.3 Equipos .....	32
6.1.2.5 Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas .....	34
6.1.2.5.1 Frecuencia.....	34
6.1.2.5.2 Equipos .....	35
6.1.2.6 Aprovechamiento.....	35
6.1.2.7 Disposición Final.....	35
6.1.2.8 Residuos Peligrosos.....	36
6.1.3 Oportunidades de Mejoramiento de la Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	36
6.2 Situación Actual de la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos (PMIRS).....	37
6.2.1 Sistema técnico y operativo.....	38
6.2.1.1 Localización de la PMIRS .....	38
6.2.1.2 Planta general.....	38
6.2.2 Estado actual de la PMIRS.....	40
6.2.3 Estudio de Tiempos y Movimientos.....	42
6.2.3.1 Identificación de Causas del Problema.....	43
6.2.3.2 Lectura del Diagrama Causa Efecto .....	43
6.2.3.3 Cursograma Analítico de Tiempos y Movimientos.....	44

6.2.3.4	Lectura del Cursograma Analítico.....	48
6.2.4	Área de Descargue .....	49
6.2.5	Área de Separación de Residuos.....	49
6.2.6	Área de Almacenamiento. ....	50
6.2.7	Área de Compostaje.....	50
6.2.8	Área de Lombricompostaje.....	51
6.2.9	Área de Cernido de Humus. ....	52
6.2.10	Horno Incinerador. ....	53
6.2.11	Oportunidades de Mejoramiento en la PMIRS. ....	53
6.3	Caracterizaciones Fisicoquímicas y Pruebas En Campo. ....	54
6.3.1.	Caracterización Cuerpos Hídricos Impactados .....	55
6.3.1.1	Análisis de Resultados .....	56
6.3.2	Caracterización Química de los Residuos Sólidos Municipales (RSM). 57	
6.3.3	Caracterización Física de los Residuos Sólidos Municipales (RSM)..	57
6.3.3.1	Metodología de muestreo .....	57
6.3.3.2	Tamaño de la Muestra .....	58
6.3.3.3	Caracterización física de los RSM .....	59
6.3.4	Pruebas de Infiltración del terreno de la PMIRS.....	62
6.3.4.1	Localización de las pruebas de infiltración.....	62
6.3.4.2	Prueba de Infiltración 1 .....	63
6.3.4.3	Prueba de Infiltración 2.....	64
6.3.4.4	Prueba de Infiltración 3.....	65
6.4	Proyecciones .....	67
6.4.1	Proyecciones de Población .....	67
6.4.1.1	Calculo de las proyecciones. ....	68
6.4.2	Proyecciones de Residuos Sólidos .....	69

## LISTA DE CUADROS

**Pag.**

CUADRO 6. 1 Funciones asignadas al personal encargado de la administración y operación del servicio de aseo.....	25
CUADRO 6. 2 Tarifas Servicio de Aseo municipio de Guaduas .....	29
CUADRO 6. 3 Programas y proyectos de Educación Ambiental PGIRS. ....	31
CUADRO 6. 4 Cobertura recolección de Residuos Sólidos en Guaduas .....	31
CUADRO 6. 5 Frecuencia de Recolección de residuos sólidos.....	32
CUADRO 6. 6 Vehículos utilizados para la recolección y transporte de los residuos sólidos.....	33
CUADRO 6. 7 Descripción de los Vehículos para la Recolección y el Transporte	33
CUADRO 6. 8 Frecuencia de Barrido y Limpieza de Vías y Áreas Públicas.....	34
CUADRO 6. 9 Oportunidad de mejoramiento gestión de los residuos sólidos municipio de Guaduas .....	36
CUADRO 6. 10 Lista de chequeo .....	40
CUADRO 6. 11 Análisis de tiempos.....	45
CUADRO 6. 12 Cursograma Analítico de Tiempos y Movimientos.....	47
CUADRO 6. 13 Oportunidades de Mejoramiento PMIRS .....	54
CUADRO 6. 14 Análisis aguas arriba del vertimiento .....	55
CUADRO 6. 15 Análisis aguas abajo del vertimiento .....	55
CUADRO 6. 16 Análisis lixiviados.....	56
CUADRO 6. 17 Análisis Químico de los Residuos Sólidos.....	57
CUADRO 6. 18 Información para el cálculo del tamaño de la Muestra .....	58
CUADRO 6. 19 Tamaño de la muestra.....	58
CUADRO 6. 20 Localización pruebas de infiltración PMIRS.....	63
CUADRO 6. 21 Datos tomados en prueba de infiltración 1. ....	63
CUADRO 6. 22 Datos tomados en prueba de infiltración 2. ....	65
CUADRO 6. 23 Datos tomados en Prueba de Infiltración 3.....	66
CUADRO 6. 24 Censos de población del municipio de Guaduas.....	68
CUADRO 6. 25 Proyección de la población del municipio de Guaduas. ....	68
CUADRO 6. 26 Proyección de generación de residuos sólidos en el municipio de Guaduas .....	69

## LISTA DE TABLAS

	Pag.
TABLA 6. 1 Suscriptores totales del Servicio de Aseo con cobro .....	27
TABLA 6. 2 Costos mensuales Servicio de Aseo .....	28
TABLA 6. 3 Áreas de infraestructura. ....	39
TABLA 6. 4. Producción de residuos sólidos residenciales .....	60
TABLA 6. 5 Producción de residuos sólidos comerciales, industriales y oficiales. ....	60
TABLA 6. 6 Producción mensual de residuos sólidos en el municipio de Guaduas. .....	60

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag.</b>
Figura 6. 1 Organigrama Administrativo Oficina de Servicios Públicos en el municipio de Guaduas. ....	23
Figura 6. 2 Organigrama Operativo Oficina de Servicios Públicos del municipio de Guaduas. ....	24
Figura 6. 3 Caracterización de los residuos sólidos del municipio de Guaduas Cundinamarca.....	30
Figura 6. 4 Localización PMIRS en el Municipio de Guaduas.....	38
Figura 6. 5. Distribución de áreas Planta de aprovechamiento.....	39
Figura 6. 6 Diagrama de flujo del proceso .....	42
Figura 6. 7 Diagrama Causa - Efecto.....	43
Figura 6. 8 Caracterización física de los residuos sólidos residenciales.....	61
Figura 6. 9 Caracterización Física de los Residuos Solido Comerciales .....	61
Figura 6. 10 Caracterización Física de los Residuos solido Oficiales .....	62
Figura 6. 11 Grafica prueba de infiltración 1. ....	64
Figura 6. 12 Grafica Prueba de Infiltración 2.....	65
Figura 6. 13 Grafica Prueba de Infiltración 2.....	66

## LISTA DE FOTOS

## Pag.

Foto 6. 1 Puerto Bogotá	Foto 6. 2Área poblada La Cabaña .....	28
Foto 6. 3 Recolección casco Urbano .....		32
Foto 6. 4 y Foto 6. 5 Compactador Modelo 2004 y Compactador Modelo 2009 ...		33
Foto 6. 6 y Foto 6. 7 Camellón Real y Plaza de La Constitución .....		34
Foto 6. 8 operario barrido de Calles.....		35
Foto 6. 9 Área de descargue.....		49
Foto 6. 10 Área de separación.....		50
Foto 6. 11 Cuartos de almacenamiento .....		50
Foto 6. 12 Pilas de Compostaje .....		51
Foto 6. 13 Camas de lombricompostaje.....		52
Foto 6. 14 Área de cernido.....		53
Foto 6. 15 Horno incinerador .....		53
Foto 6. 16 Limpieza del espacio para el cuarteo	Foto 6. 17 Recolección de las muestras	59
Foto 6. 18 Mezcla de las muestras	Foto 6. 19 Pesaje de los residuos .....	59
Foto 6. 20. Montaje prueba de infiltración 1.....		63
Foto 6. 21 Mediciones para la excavación de la prueba de infiltración 2. ....		64
Foto 6. 22 Saturación con Agua de la excavación.....		66



## **7. FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS**

Este Capítulo contiene la formulación, evaluación y selección de alternativas de optimización técnica operativa, acorde con el esquema de decisión de alternativas de gestión integral presentada en la metodología<sup>16</sup> del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial y las opciones de manejo de los residuos sólidos por componente presentadas en la Guía para elaborar el PGIRS.

Las alternativas de optimización planteadas se relacionan con los objetivos planteados, la situación o estado de la gestión integral de los residuos sólidos y responden a la problemática identificada en el diagnóstico como aspectos técnicos, económicos y socioculturales del Municipio.

Las alternativas de optimización constan de obras civiles, para las cuales se presentan: Diseños, actividades a ejecutar, cantidades de obra y análisis de precios unitarios.

Los valores de materiales, mano de obra y transporte, fueron tomados del Construdata<sup>17</sup> con precios del año 2009 para Bogotá, así como las obras preliminares, tipos y rendimientos de cuadrillas para la ejecución de las obras.

Finalizando el capítulo se presenta el estudio de factibilidad de la alternativa más viable mediante el desarrollo del análisis costo – beneficio y por último se realiza la selección de la alternativa de optimización con mayor potencial de aplicabilidad para las condiciones actuales de la planta y del municipio.

### **7.1 FORMULACIÓN DE ALTERNATIVAS.**

En esta etapa se identificaron las alternativas que permiten en forma coherente y sostenible definir las actividades y las acciones a ejecutar bajo un esquema de racionalización de los recursos e inversiones. En ese sentido, se presentan dos alternativas que pueden implementarse en la planta.

Las figuras 7.1 y 7.2 presentan la construcción de las dos alternativas de optimización para la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos. (PMIR)

---

<sup>16</sup> Guía para elaborar el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, Municipios menores de 50.000 habitantes. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. 2005

<sup>17</sup> Revista Construdata, Ed. Legis, 2009

Figura 7. 1. Alternativa de optimización No. 1

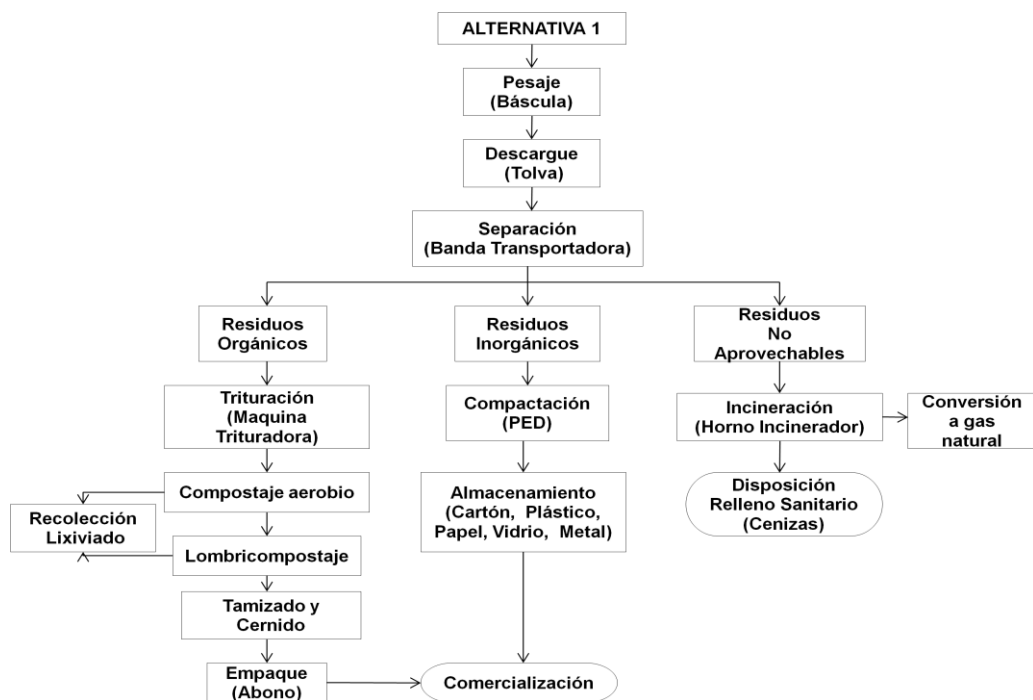
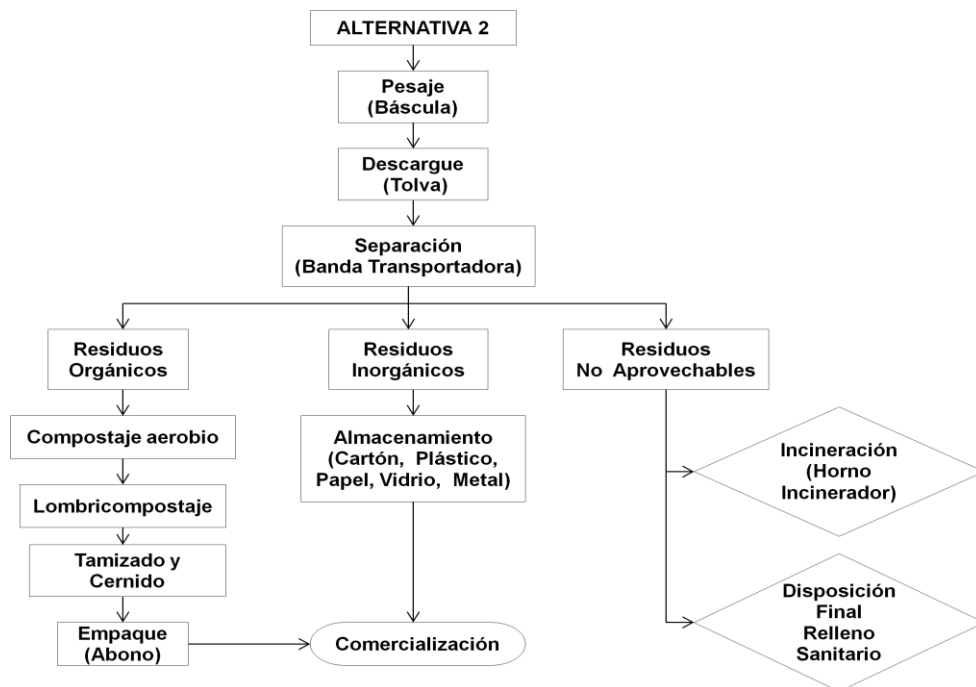


Figura 7. 2 Alternativa de optimización No. 2



## 7.1.1 Alternativa de Optimización 1

### 7.1.1.1 Descripción

La descripción de esta alternativa, se construyó considerando las variables definidas en los diferentes componentes de la planta en la etapa del diagnóstico.

Como se aprecia en la figura 7.1, en esta alternativa se presentan algunos cambios con respecto a la situación actual, en la que se propone modificaciones en infraestructura e instalación de equipos que mejorarán los procedimientos desarrollados en cada área de la planta, como se describe a continuación en el cuadro 7.1

Cuadro 7. 1 Descripción de la Alternativa de Optimización 1.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Área de descargue y Separación	<p><b>Aspectos Técnicos.</b> Construcción de la vía de acceso para carros compactadores, cambio de tejas, refuerzo de la estructura que se encuentra en mal estado. Instalación de tolva de descargue y banda transportadora.</p> <p><b>Aspectos Operativos.</b> Se establecerán procedimientos para el descargue y la separación, se establecerán tiempos de ejecución de actividades y recorridos del carro compactador</p> <p><b>Aspectos Ambientales</b> Con la correcta ejecución de las diferentes actividades propuestas, se reducirá el vertimiento de lixiviado a cuerpos hídricos y disminuirá la generación de olores</p>
Área de almacenamiento	<p><b>Aspectos Técnicos</b> Mantenimiento de la infraestructura actual así como la construcción de dos bodegas más. Se instalará una maquina compactadora y embaladora de PET y un tamiz para la selección de abono</p> <p><b>Aspectos Operativos.</b> Se establecerán procedimientos para el almacenamiento, se llevará documentación del registro del material que ingresa y se comercializa.</p> <p><b>Aspectos Ambientales</b> Se disminuirá la generación de olores y se evitará el contacto de los operarios con residuos peligrosos</p>
Área de aprovechamiento	<p><b>Aspectos Técnicos</b> Se propone la construcción de dos terrazas en concreto para las composteras, además de un sistema de drenaje para el lixiviado producto de la descomposición de la materia orgánica. Se instalará una máquina trituradora de materia orgánica</p> <p>Las lombricomposteras serán objeto de un mantenimiento en el</p>

	<p>que se impermeabilizará el fondo de las camas, se instalará un sistema de drenaje que conducirá el lixiviado a una caja de desagüe. Además del sistema de riego por aspersión.</p> <p>Se dotará con la instrumentación específica para el control de los diferentes parámetros tales como temperatura, humedad y pH.</p> <p><b>Aspectos Operativos.</b> Se controlarán parámetros como temperatura, humedad, pH. Además se determinarán las rutas de recorrido del Bobcat</p> <p><b>Aspectos Ambientales.</b> Con el sistema propuesto no se impactarán los cuerpos hídricos, ya que el lixiviado será recirculado al proceso. De igual forma se reducirá la generación de olores.</p>
Área de incineración	<p><b>Aspectos Técnicos</b> Se realizará la conversión de combustible del horno incinerador. De diesel a gas natural.</p> <p><b>Aspectos Operativos</b> Se suministrará el manual de operación del horno incinerador. Se capacitarán 4 empleados que trabajaran en diferentes turnos operando el horno las 24 horas del día.</p> <p><b>Aspectos Ambientales</b> Se reducirá el volumen de residuos enviados a disposición final al relleno sanitario La Doradita en el municipio de La Dorada (Caldas).</p>
Áreas comunes	<p><b>Aspectos Técnicos</b> Se instalará la báscula para pesaje de los residuos que ingresan a la planta. Los baños, vestieres, comedor y administración serán objeto de un mantenimiento.</p> <p><b>Aspectos Operativos.</b> Se llevará registro del peso de los residuos que ingresan a la planta. Los operarios contarán con los espacios apropiados para sus necesidades básicas.</p> <p><b>Aspectos Ambientales</b> Con la instalación de la banda transportadora se podrán establecer medidas que optimicen la separación en la fuente de residuos en el municipio.</p>

La alternativa busca aumentar la eficiencia en el aprovechamiento, con ayuda de equipos mecánicos que reducirán los tiempos en la ejecución de las actividades concernientes al funcionamiento operativo, además, el enfoque de esta alternativa se concentra en los puntos críticos de funcionamiento, tales como descargue, separación y compostaje de residuos. A continuación, se describe las ventajas de la alternativa

Cuadro 7. 2 Ventajas de la Alternativa 1.

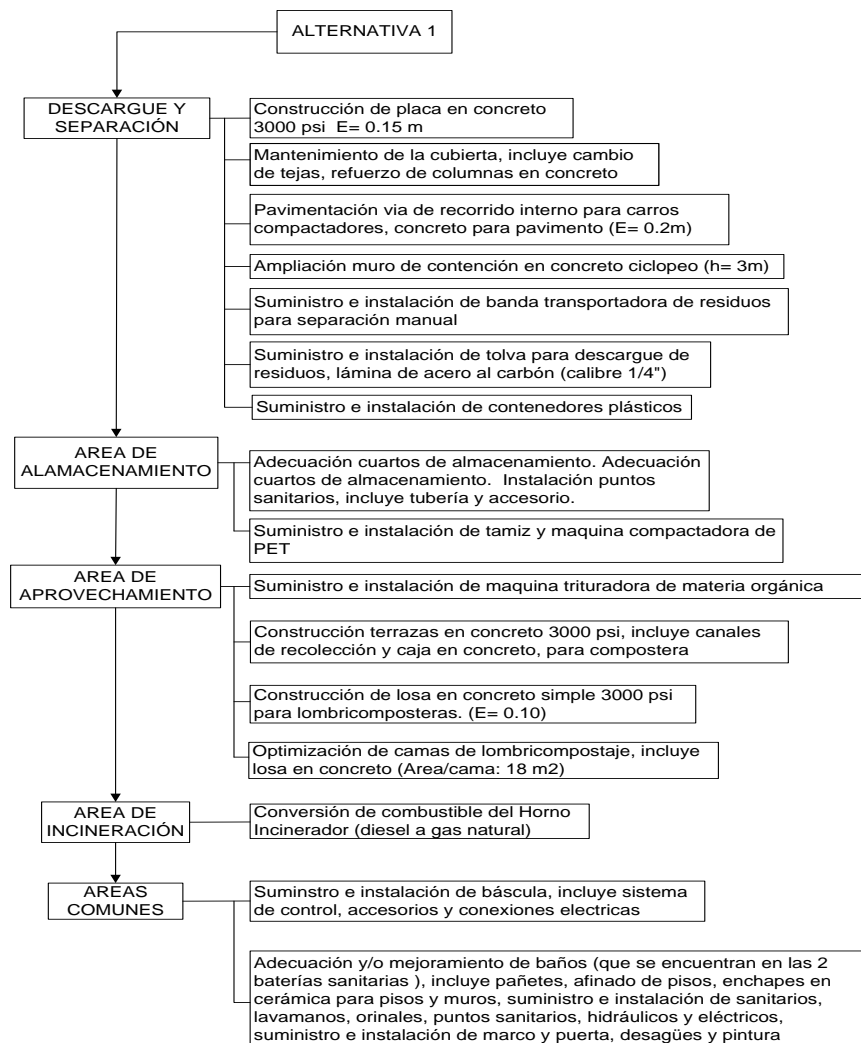
ÁREA	VENTAJAS
Descargue y separación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducción de tiempos de descargue.</li> <li>✓ Reducción del tiempo de separación.</li> <li>✓ Mejora en aspectos de salud ocupacional</li> </ul>
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento de capacidad de almacenamiento.</li> <li>✓ Se mejoran las condiciones sanitarias e higiénicas.</li> <li>✓ Aumento en la comercialización de material reciclable.</li> </ul>
Aprovechamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento en la capacidad de aprovechamiento.</li> <li>✓ Reducción en el tiempo de maduración del compost.</li> <li>✓ Mejoramiento de la calidad del abono producido.</li> <li>✓ Mayor control de parámetros durante el proceso.</li> <li>✓ Reducción de vertimiento e infiltración de lixiviado.</li> <li>✓ Reducción en la generación de olores.</li> <li>✓ Mejoramiento de la economía de la planta</li> </ul>
Incineración	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducción en costos de operación.</li> <li>✓ Disminución de residuos no aprovechables enviados a relleno sanitario.</li> <li>✓ Disminución de la concentración de las emisiones</li> <li>✓ Reducción de la disposición final de los residuos en el relleno sanitario.</li> </ul>
Comunes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejora en condiciones laborales</li> <li>✓ Control en el peso de residuos que ingresan a la planta.</li> </ul>

#### 7.1.1.2 Aspectos Técnicos

Para el desarrollo de la alternativa, se propone la ejecución de actividades en cada área de la planta, las cuales, agilizarán el proceso de separación, aprovechamiento y comercialización de los residuos provenientes del municipio de Guaduas.

En la figura 7.3 se observan las actividades a ejecutar en cada área de la PMIR.

Figura 7. 3 Alternativa de optimización No. 1



Las actividades propuestas para la alternativa de optimización, se determinaron con base en el diagnóstico realizado. A continuación se realizará la descripción técnica de cada actividad propuesta:

### Área de descargue y separación.

- ✓ **Construcción de placa en concreto 3000 psi E= 0.15 m.** Al no contar con placa en concreto, es necesaria su construcción ya que se instalará maquinaria que requiere de una base para su anclaje y estabilidad. Esta placa se diseñó para que soporte las cargas que actúan en su plano.

- ✓ **Mantenimiento de la cubierta, incluye cambio de tejas y refuerzo de columnas en concreto.** Se cambiará la totalidad de las tejas de la cubierta, ya que se encuentran en completo deterioro, para esto se suministrarán tejas de zinc. Las columnas serán objeto de un refuerzo en concreto con cerchas<sup>18</sup> en varilla de acero, lo cual dará más estabilidad a la estructura, y soportará las fuerzas que sobre ellas actúan.
- ✓ **Pavimentación vía de recorrido a zona de descarga para vehículos compactadores, concreto para pavimento (E= 0.2m).** Al instalarse la banda transportadora y la tolva de descarga, se hace necesario crear una vía de acceso para el descargue de residuos, ya que se propone la instalación de una tolva de descargue. La vía se construirá en concreto para pavimento, el cual, está compuesto por cemento, grava, arena, agua, aditivos y fibras con un material de resistencia a la flexión.
- ✓ **Ampliación muro de contención en concreto ciclópeo (h= 3m).** La ampliación del muro se propone con el fin de dar espacio al carro compactador de transitar y realizar el descargue con suficiente espacio. Para esto se realizará su ampliación en concreto ciclópeo, el cual contará con la suficiente resistencia a las fuerzas ejercidas sobre la superficie.
- ✓ **Suministro e instalación de banda transportadora de residuos para separación manual.** La banda transportadora se seleccionó con base en el volumen de residuos que ingresan mensualmente a la planta. Cuenta con las siguientes dimensiones Longitud 20m, Ancho chasis 27 ¼", Altura 1.45m, Ancho banda 24".
- ✓ **Suministro e instalación de tolva para descargue de residuos, lámina de acero al carbón (calibre 1/4").** La tolva de descargue será construida en lámina de acero al carbón calibre ¼", la cual soportará el volumen de residuos que sobre ella se deposite. Esta lámina resiste una compresión de hasta 2110 Kg/cm<sup>2</sup>.
- ✓ **Suministro e instalación de contenedores plásticos.** se suministrarán 17 contenedores plásticos en los que se depositará el material que se separa para luego ser conducido a los cuartos de almacenamiento o área de aprovechamiento, estos contenedores cuentan con llantas que permiten su fácil desplazamiento.

---

<sup>18</sup> La cercha es uno de los principales tipos de estructuras empleadas en ingeniería, consta de barras rectas unidas mediante juntas o nodos

## Área de almacenamiento.

- ✓ **Adecuación cuartos de almacenamiento. Instalación puntos sanitarios, incluye tubería y accesorios.** Se instalarán llaves terminales en pvc, las cuales facilitarán el mantenimiento de los cuartos, además se instalara la tubería sanitaria para la conexión con la red, lo cual incluye el suministro e instalación de accesorios para su buen funcionamiento.
- ✓ **Suministro e instalación de tamiz para el cernido del humus y maquina compactadora de residuos aprovechables (PET, cartón, papel archivo, aluminio entre otros).** El tamizador propuesto está compuesto por una malla con una malla de entre 0.4 y 0.8 mm de diámetro con el fin de otorgar una granulometría adecuada al abono, de manera que al ser añadido a los cultivos este se consume de forma más racional, siendo de mayor provecho para las plantas. La maquina compactadora de PET cuenta con una embaladora con una fuerza de compactación de 10 ton. Las medidas de la bala es de 80 x 60cm

## Área de aprovechamiento

- ✓ **Suministro e instalación de máquina trituradora de materia orgánica.** Este equipo tiene una capacidad de trituración de hasta 442 lb/hr. Este es un modelo de propósito general, el cual destruye, papel, materia orgánica, entre otros. El equipo cuenta con una tolva superior que puede aceptar materiales directamente de contenedores de basura, montado sobre una base con patas altas para colocar un contenedor debajo para recoger el material destruido
- ✓ **Construcción terrazas en concreto 3000 psi, incluye sistema de drenaje y caja en concreto para compostera.** Las terrazas serán construidas en concreto, contarán con un sistema de drenaje en tubería pvc perforada, una capa de grava de 1/2" sobre la tubería para evitar su taponamiento, el sistema funciona a gravedad conduciendo el lixiviado a una caja de desagüe.
- ✓ **Construcción de placa en concreto simple 3000 psi para lombricomposteras. (E= 0.10).** Esta placa se diseñó para que soporte las cargas que actúan en su plano. Esta placa contará con un emparrillado simple en varilla de acero de 1/2".
- ✓ **Optimización de camas de lombricompostaje, incluye: impermeabilización en concreto simple, (Área cama: 18 m<sup>2</sup>) y lechos filtrantes.** Se realizará la impermeabilización de las camas en concreto simple, se implementará un sistema de drenaje el cual conducirá el lixiviado



a una caja de desagüe, además, cada cama llevará una capa de grava que impedirá el taponamiento de los orificios de la tubería de recolección

### Área de Incineración

- ✓ **Conversión de combustible del Horno Incinerador (diesel a gas natural).** Esta conversión de combustible se realizará según las especificaciones técnicas brindadas por el fabricante (PROINDUL LTDA.)

### Áreas comunes

- ✓ **Suministro e instalación de báscula, incluye sistema de control, accesorios y conexiones eléctricas.** La báscula cuenta con plataforma metálica, sus dimensiones: largo 10m, ancho 2.9m, cuenta con una capacidad seccional de 15 Ton, el indicador digital totaliza las pesadas diarias, cuenta con configuración y calibración totalmente digital con destare automáticos.
- ✓ **Adecuación y/o mejoramiento de baños (que se encuentran en las 2 baterías sanitarias), incluye pañetes, afinado de pisos, enchapes en cerámica para pisos y muros, suministro e instalación de sanitarios, lavamanos, orinales, puntos sanitarios, hidráulicos y eléctricos, suministro e instalación de marco y puerta, desagües y pintura.** Los materiales utilizados en la adecuación de estas zonas, serán los apropiados para brindar condiciones de higiene para los operarios.

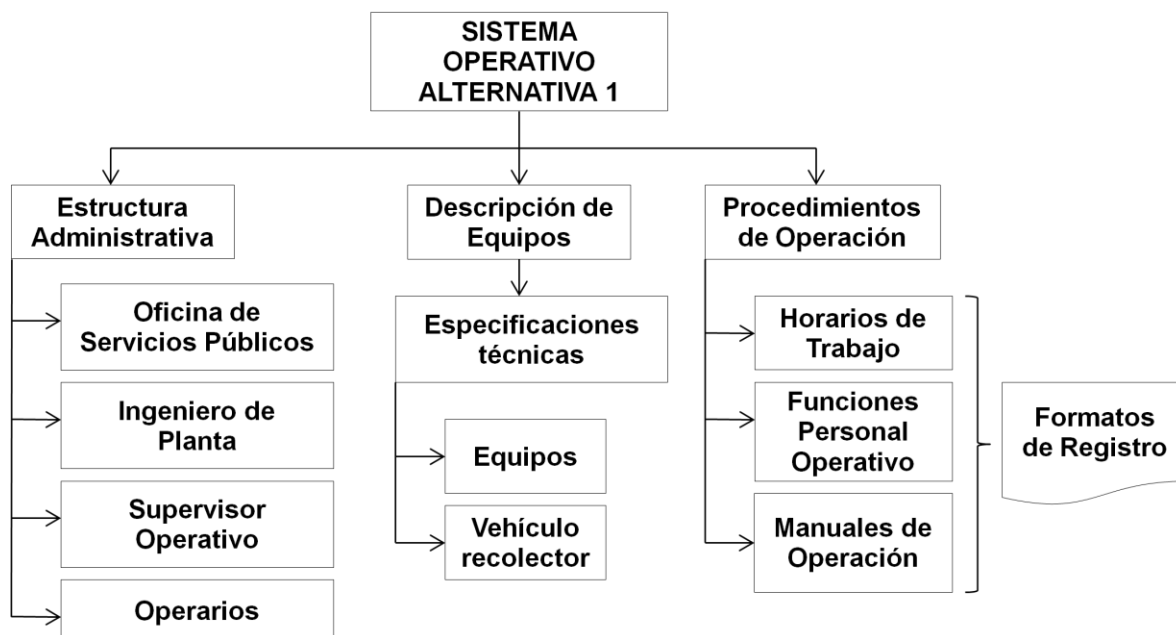
#### 7.1.1.3 Aspectos Operativos

Con base en el RAS<sup>19</sup> Título F, Sistemas de Aseo Urbano, se propone un modelo de optimización operativa en la planta con el fin de agilizar el proceso de aprovechamiento de residuos sólidos. En el anexo A1 se especifican los procedimientos en el manual de operación. A continuación en la figura 7.4. se describirá el esquema operativo propuesto.

---

<sup>19</sup> Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental

Figura 7. 4 Sistema operativo Alternativa de optimización No. 1<sup>20</sup>



#### 7.1.1.4 Aspectos Económicos

**Costo de la Optimización.** El costo estimado de la propuesta de optimización, se desarrollo con base en el Análisis de Precios Unitarios (véase anexo A2), los cuales determinaron las cantidades de obra (véase anexo A3) y el costo total de las actividades propuestas. A continuación se presenta el costo unitario y total de la alternativa de optimización.

Tabla 7. 1 Costo de inversión Alternativa de optimización técnica No. 1

Área	Vr. Unitario (\$)
Descargue y Separación	140.664.400
Almacenamiento	41.087.500
Aprovechamiento	386.611.800
Incineración	67.424.556
Común	38.754.000
<b>Total</b>	<b>674.542.256</b>

<sup>20</sup> Fuente: Los autores

**Costo de la Operación.** El costo estimado, se determinó con base en el número total de personal requerido para la operación de la planta. A continuación, en la tabla 7.2 se discriminan los costos operativos de la alternativa de optimización.

Tabla 7. 2 Costo de operación anual Alternativa de optimización No. 1

DESCRIPCIÓN	Vr. AÑO (\$)
22 Operarios PMIRS	417,352,936
Elementos de Protección Personal	13,896,000
Veneno para insectos	1,920,000
ACPM Bobcat	4,560,000
Gas natural del Horno Incinerador	16,200,000
Mantenimiento equipos	3,000,000
Lavado y engrase de maquinaria	1,080,000
Gasolina para la fumigadora y guadaña	1,200,000
<b>Total</b>	<b>459,208,936</b>

**Ingresos Anuales.** Con la optimización propuesta, se busca generar mayor comercialización del material reciclable que ingresa a la planta. Los ingresos se determinan con base en precios de comercialización del año 2009, como se muestra a continuación en la tabla 7.3.

Tabla 7. 3 Ingresos anuales Alternativa de optimización No. 1

Material	Ton/año	Vr. Tonelada	Valor/año
Orgánico	1066.3	600,000	639,804,000
Poda	100.9	600,000	60,561,600
Papel Archivo	700.0	250,000	175,010,000
Cartón	594.2	300,000	178,266,000
Vidrio Blanco	42.3	300,000	12,698,400
Vidrio Ámbar	50.5	300,000	15,140,400
Vidrio Verde	14.7	300,000	4,395,600
Bolsa Plástica	765.2	400,000	306,064,000
PET	211.6	300,000	63,492,000
PEBD	130.2	500,000	65,120,000
Metal Chatarra	11.4	1,500,000	17,094,000
Aluminio	37.4	1,500,000	56,166,000
Cobre	8.1	7,000,000	56,980,000
Otros Plásticos	89.5	400,000	35,816,000
		<b>TOTAL</b>	<b>1,686,608,000</b>

#### 7.1.1.5 Razón Beneficio/Costo

El método de la razón beneficio/costo implica el cálculo de una razón de los beneficios a los costos. Debe tenerse en cuenta el valor del dinero en el tiempo en el ritmo de los flujos de efectivo (o ganancias) que ocurren después del arranque del proyecto. Entonces, la razón B/C en realidad es una razón de las ganancias descontadas a los costos descontados. Para este proyecto se calcula la razón B/C convencional con el VA (Valor Anual). La razón B/C se determino con base en la metodología propuesta en el texto Ingeniería Económica de DeGarmo<sup>21</sup>.

$$\text{Ecuación 7. 1} \quad B - C = \frac{VA(B)}{RC + VA(O\&M)}$$

Donde:      VA= Valor anual de ingresos  
              B= Beneficios del proyecto propuesto  
              RC= Monto de Recuperación del capital.  
              O&M= Costos de operación y Mantenimiento.

Condicionamiento:

Si  $B/C < 1$ , No es viable el proyecto  
Si  $B/C > 1$ , Es viable el proyecto

Para determinar la razón B/C se debe conocer la inversión inicial del proyecto (véase tabla 7.1), ingresos anuales (véase tabla 7.3) y egresos anuales (véase tabla 7.2).

$$B - C = \frac{1.013.258.676 (1.013.258.676)}{214.140.388 + 1.013.258.676(459.208.936)}$$

$$B - C = 2.21$$

La alternativa es aceptable ya que  $B/C > 1$ , lo que demuestra que los ingresos anuales son mayores a los egresos anuales de la alternativa de optimización propuesta.

---

<sup>21</sup> Ingeniería Económica de DeGarmo, Cap. 11, págs. 160 – 162, 492 – 494. Ed. Pearson, Edición 12

## 7.1.2 Alternativa de Optimización 2

### 7.1.2.1 Descripción

La descripción de esta alternativa, se construyó considerando las variables definidas en los diferentes componentes de la planta en la etapa del diagnóstico. En esta se conservan actividades planteadas en la alternativa 1, como la ejecución de obras civiles y mantenimiento de estructuras físicas

Como se aprecia en la figura 7.2, en esta alternativa no se propone el suministro de equipos, optimización de la compostera y la conversión a gas natural del horno incinerador. A continuación en el cuadro 7.3 se describen los aspectos de la alternativa.

Cuadro 7. 3 Descripción de la Alternativa de Optimización 2.

COMPONENTE	DESCRIPCIÓN
Área de descargue y Separación	<p><b>Aspectos Técnicos.</b> Construcción de la vía de acceso para carros compactadores, cambio de tejas, refuerzo de la estructura que se encuentra en mal estado. Instalación de tolva de descargue y banda transportadora.</p> <p><b>Aspectos Operativos.</b> Se establecerán procedimientos para el descargue y la separación, se establecerán tiempos de ejecución de actividades y recorridos del carro compactador</p> <p><b>Aspectos Ambientales</b> Con la correcta ejecución de las diferentes actividades propuestas, se reducirá el vertimiento de lixiviado a cuerpos hídricos y disminuirá la generación de olores.</p>
Área de almacenamiento	<p><b>Aspectos Técnicos.</b> Se ampliará la capacidad de almacenamiento con la construcción de 2 bodegas de almacenamiento.</p> <p><b>Aspectos Operativos.</b> Los tiempos de operación para almacenamiento de material reciclable se disminuirán; sin embargo al no contar con maquina compactadora y tamiz los tiempos no disminuirán y la comercialización del material aprovechable no será tan rentable como en la alternativa 1.</p> <p><b>Aspectos Ambientales</b> Se disminuirá la generación de olores y se evitará el contacto de los operarios con residuos peligrosos</p>
Área de aprovechamiento	<p><b>Aspectos Técnicos.</b> Se dotará con la instrumentación específica para el control de los diferentes parámetros tales como temperatura, humedad y pH.</p> <p><b>Aspectos Operativos.</b> Al contar con instrumentación para el</p>

	<p>control de parámetros, se establecerán los procedimientos para el control de los mismos.</p> <p><b>Aspectos Ambientales.</b> El vertimiento de lixiviado seguirá siendo constante e impactará negativamente la quebrada</p>
Áreas comunes	<p><b>Aspectos Técnicos</b> Se instalará la báscula para pesaje de los residuos que ingresan a la planta. Los baños, vestieres, comedor y administración serán objeto de un mantenimiento.</p> <p><b>Aspectos Operativos.</b> Se llevará registro del volumen de residuos que ingresa a la planta. Los operarios contarán con los espacios apropiados para sus necesidades básicas.</p> <p><b>Aspectos Ambientales</b> Con la instalación de la banda transportadora se podrán establecer medidas que optimicen la separación en la fuente de residuos en el municipio.</p>

La alternativa busca aumentar la eficiencia en el aprovechamiento, sin la ayuda de equipos mecánicos lo cual enfoca la alternativa al aumento de la eficiencia en los procedimientos operativos de las diferentes áreas, tales como descargue, separación y compostaje de residuos. A continuación, se describe las ventajas de la alternativa de optimización 2.

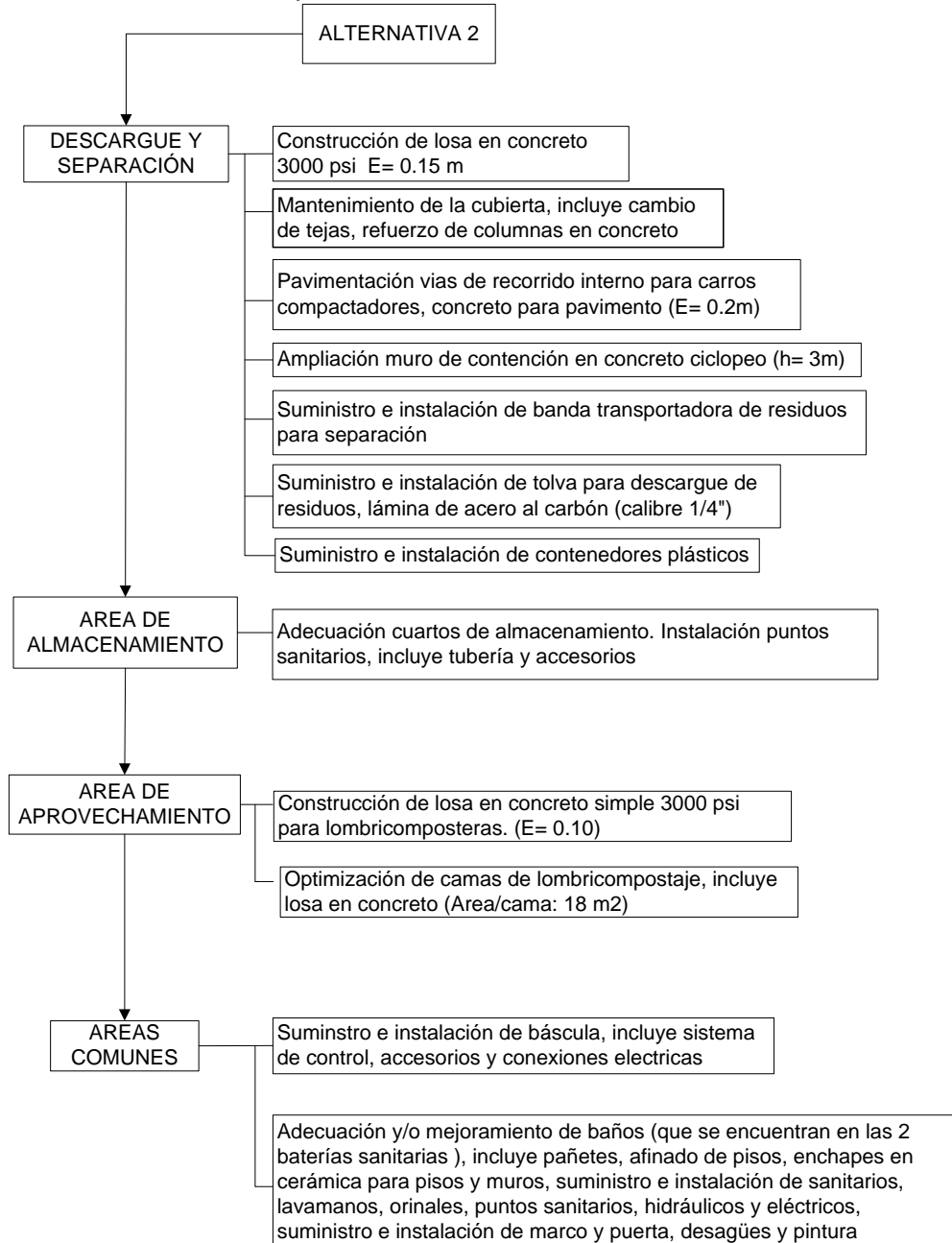
Cuadro 7. 4 Ventajas de la Alternativa 2.

ÁREA	VENTAJAS
Descargue y separación	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Reducción de tiempos de descargue.</li> <li>✓ Reducción del tiempo de separación.</li> <li>✓ Mejora en aspectos de salud ocupacional.</li> </ul>
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Aumento de capacidad de almacenamiento.</li> <li>✓ Se mejoran las condiciones sanitarias e higiénicas.</li> <li>✓ Registro de material reciclable</li> </ul>
Aprovechamiento	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejora en la calidad del abono producido.</li> <li>✓ Control de parámetros durante el proceso.</li> <li>✓ Mejora en los procedimientos operativos</li> </ul>
Comunes	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejora en condiciones laborales</li> <li>✓ Control en el volumen de residuos que ingresan a la planta.</li> </ul>

### 7.1.2.2 Aspectos Técnicos

Para el desarrollo de la alternativa, se propone la ejecución de actividades en cada área de la planta, las cuales, se propone el mantenimiento de estructuras físicas y la instalación de equipos que mejoran el proceso de aprovechamiento. En la figura 7.5 que se muestra a continuación, se observan las actividades a ejecutar en cada área de la PMIR.

Figura 7. 5 Alternativa de optimización No. 2



Las actividades propuestas para la alternativa de optimización, se determinaron con base en el diagnóstico realizado. A continuación se realizará la descripción técnica de cada actividad propuesta:

#### **Área de descargue y separación.**

- ✓ **Construcción de placa en concreto 3000 psi  $E= 0.15$  m.** Al no contar con placa en concreto, es necesaria su construcción ya que se instalará maquinaria que requiere de una base para su anclaje y estabilidad. Esta placa se diseñó para que soporte las cargas que actúan en su plano.
- ✓ **Mantenimiento de la cubierta, incluye cambio de tejas, refuerzo de columnas en concreto.** Se cambiará la totalidad de las tejas de la cubierta, ya que se encuentran en completo deterioro, para esto se suministrarán tejas de zinc. Las columnas serán objeto de un refuerzo en concreto con cerchas<sup>22</sup> en varilla de acero, lo cual dará más estabilidad a la estructura, y soportará las fuerzas que sobre ellas actúan.
- ✓ **Pavimentación vía de recorrido a zona de descarga para carros compactadores, concreto para pavimento ( $E= 0.2m$ ).** Al instalarse la banda transportadora y la tolva de descarga, se hace necesario crear una vía de acceso para el descargue de residuos, ya que se propone la instalación de una tolva de descargue. La vía se construirá en concreto para pavimento, el cual, está compuesto por cemento, grava, arena, agua, aditivos y fibras con un material de resistencia a la flexión.
- ✓ **Ampliación muro de contención en concreto ciclópeo ( $h= 3m$ ).** La ampliación del muro se propone con el fin de dar espacio al carro compactador de transitar y realizar el descargue con suficiente espacio. Para esto se realizará su ampliación en concreto ciclópeo, el cual contará con la suficiente resistencia a las fuerzas ejercidas sobre la superficie.
- ✓ **Suministro e instalación de banda transportadora de residuos para separación manual.** La banda transportadora se seleccionó con base en el volumen de residuos que ingresan mensualmente a la planta. Cuenta con las siguientes dimensiones Longitud 20m, Ancho chasis 27 ¼", Altura 1.45m, Ancho banda 24".
- ✓ **Suministro e instalación de tolva para descargue de residuos, lámina de acero al carbón (calibre 1/4").** La tolva de descargue será construida en lámina de acero al carbón calibre ¼", la cual soportará el volumen de

---

<sup>22</sup> La cercha es uno de los principales tipos de estructuras empleadas en ingeniería, consta de barras rectas unidas mediante juntas o nodos



residuos que sobre ella se deposite. Esta lámina resiste una compresión de hasta 2110 Kg/cm<sup>2</sup>.

- ✓ **Suministro e instalación de contenedores plásticos.** se suministrarán 17 contenedores plásticos en los que se depositará el material que se separa para luego ser conducido a los cuartos de almacenamiento o área de aprovechamiento, estos contenedores cuentan con llantas que permiten su fácil desplazamiento.

#### **Área de almacenamiento.**

- ✓ **Adecuación cuartos de almacenamiento. Instalación puntos sanitarios, incluye tubería y accesorios.** Se instalarán llaves terminales en pvc, las cuales facilitarán el mantenimiento de los cuartos, además se instalara la tubería sanitaria para la conexión con la red, lo cual incluye el suministro e instalación de accesorios para su buen funcionamiento.

#### **Área de aprovechamiento**

- ✓ **Construcción de placa en concreto simple 3000 psi para lombricomposteras. (E= 0.10).** Esta placa se diseñó para que soporte las cargas que actúan en su plano. Esta placa contará con un emparrillado simple en varilla de acero de ½".
- ✓ **Optimización de camas de lombricompostaje, incluye: impermeabilización en concreto simple, (Area cama: 18 m2) y lechos filtrantes.** Se realizará la impermeabilización de las camas en concreto simple, se implementará un sistema de drenaje el cual conducirá el lixiviado a una caja de desagüe, además, cada cama llevará una capa de grava que impedirá el taponamiento de los orificios de la tubería de recolección

#### **Áreas comunes**

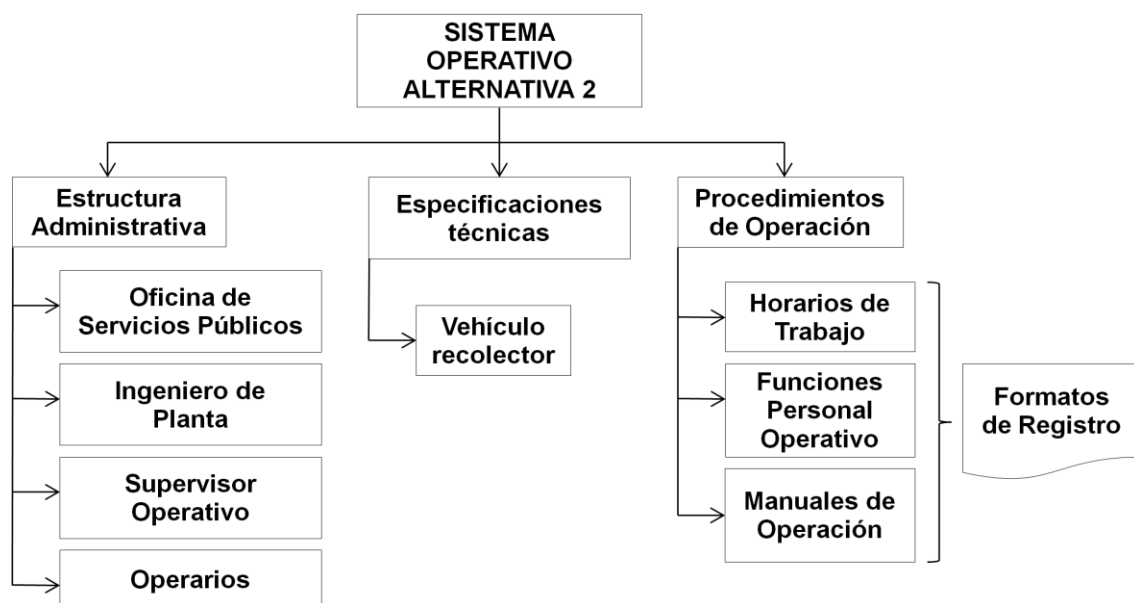
- ✓ **Suministro e instalación de báscula, incluye sistema de control, accesorios y conexiones eléctricas.** La báscula cuenta con plataforma metálica, sus dimensiones: largo 10m, ancho 2.9m, cuenta con una capacidad seccional de 15 Ton, el indicador digital totaliza las pesadas diarias, cuenta con configuración y calibración totalmente digital con destare automáticos.
- ✓ **Adecuación y/o mejoramiento de baños (que se encuentran en las 2 baterías sanitarias), incluye pañetes, afinado de pisos, enchapes en cerámica para pisos y muros, suministro e instalación de sanitarios, lavamanos, orinales, puntos sanitarios, hidráulicos y eléctricos,**

**suministro e instalación de marco y puerta, desagües y pintura.** Los materiales utilizados en la adecuación de estas zonas, serán los apropiados para brindar condiciones de higiene para los operarios.

### 7.1.2.3 Aspectos Operativos

Con base en el RAS<sup>23</sup> Título F, Sistemas de Aseo Urbano, se propone un modelo de optimización operativa en la planta con el fin de agilizar el proceso de aprovechamiento de residuos sólidos. A continuación en la figura 7.6 se describirá el esquema operativo propuesto.

Figura 7. 6 Sistema operativo Alternativa de optimización No. 2<sup>24</sup>



### 7.1.2.4 Aspectos Económicos

**Costo de la Optimización.** El costo estimado de la propuesta de optimización, se desarrollo con base en el Análisis de Precios Unitarios (véase anexo A2), los cuales determinaron las cantidades de obra (véase anexo A3) y el costo total de las actividades propuestas. A continuación se presenta el costo unitario y total de la alternativa de optimización.

<sup>23</sup> Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental

<sup>24</sup> Fuente: Los autores

Tabla 7. 4 Costo de inversión Alternativa de Optimización Técnica No. 2

ÁREA	VR. UNITARIO (\$)
Descargue y Separación	140.660.400
Almacenamiento	4.423.500
Aprovechamiento	276.551.200
Común	38.754.000
<b>Total</b>	<b>460.389.100</b>

**Costo de la Operación.** El costo estimado, se determinó con base en el número total de personal requerido para la operación de la planta. A continuación, en la tabla 7.5 se discriminan los costos operativos de la alternativa de optimización.

Tabla 7. 5 Costo de operación anual Alternativa de optimización No. 2

DESCRIPCIÓN	Vr. AÑO (\$)
22 Operarios PMIRS	417,352,936
Elementos de Protección Personal	13,896,000
Veneno para insectos	1,920,000
ACPM Bobcat	4,560,000
ACPM del Horno Incinerador	420,000,000
Mantenimiento equipos	1,560,000
Lavado y engrase de maquinaria	1,080,000
Gasolina para la fumigadora y guadaña	1,200,000
<b>Total</b>	<b>671,863,056</b>

**Ingresos Anuales.** Los ingresos se determinan con base en precios de comercialización del año 2009. Cabe aclarar que la producción y el precio del pet y abono se disminuyen, ya que en esta alternativa no se contempla maquina compactadora y tamizador de abono. A continuación se describen los ingresos en la tabla 7.6.

Tabla 7. 6 Ingresos anuales Alternativa de optimización No. 2

Material	Ton/año	Vr. Tonelada (\$)	Valor/año (\$)
Orgánico	740.0	300,000	222,000,000
Poda	93.0	600,000	55,800,000
Papel Archivo	490.0	250,000	122,500,000

Cartón	297.1	300,000	89,133,000
Vidrio Blanco	21.2	300,000	6,349,200
Vidrio Ámbar	25.2	300,000	7,570,200
Vidrio Verde	7.3	300,000	2,197,800
Bolsa Plástica	437.0	400,000	174,800,000
PET	105.8	120,000	12,698,400
PEBD	65.1	220,000	14,326,400
Metal Chatarra	6.3	1,500,000	9,450,000
Aluminio	18.7	1,500,000	28,083,000
Cobre	7.0	7,000,000	49,000,000
Otros Plásticos	59.0	400,000	23,600,000
<b>TOTAL</b>			817,508,000

#### 7.1.2.5 Razón Beneficio/Costo

El método de la razón beneficio/costo implica el cálculo de una razón de los beneficios a los costos. Debe tenerse en cuenta el valor del dinero en el tiempo en el ritmo de los flujos de efectivo (o ganancias) que ocurren después del arranque del proyecto. Entonces, la razón B/C en realidad es una razón de las ganancias descontadas a los costos descontados. Para este proyecto se calcula la razón B/C convencional con el VA (Valor Anual). La razón B/C se determinó con base en la metodología propuesta en el texto Ingeniería Económica de DeGarmo<sup>25</sup>.

$$B - C = \frac{VA(B)}{RC + VA(O\&M)}$$

Donde:      VA= Valor anual de ingresos  
                  B= Beneficios del proyecto propuesto  
                  RC= Monto de Recuperación del capital.  
                  O&M= Costos de operación y Mantenimiento.

Condicionamiento:

Si B/C < 1, No es viable el proyecto  
 Si B/C > 1, Es viable el proyecto

<sup>25</sup> Ingeniería Económica de DeGarmo, Cap. 11, págs. 160 – 162, 492 – 494. Ed. Pearson, Edición 12

Para determinar la razón B/C se debe conocer la inversión inicial del proyecto (véase tabla x), ingresos anuales (véase tabla x) y egresos anuales (véase tabla x).

$$B - C = \frac{\$ 2.903.218(\$ 2.093.218)}{\$ 142.741.726 + (\$ 2.903.218)(\$ 671.683.056)}$$

$$B - C = 0.0043$$

La alternativa no es aceptable ya que  $B/C < 1$ , lo que demuestra que los egresos son mayores que los ingresos anuales.

## 7.2 ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

El análisis de prefactibilidad<sup>26</sup> se realizó considerando las recomendaciones planteadas en la Guía para la elaboración de los PGIRS desarrollada por el Instituto Cinara<sup>27</sup> para UNICEF – Colombia la experiencia de Suna Hisca, la administración municipal y otras instituciones, mediante la formulación de una matriz que evalúa las alternativas de optimización, frente a las características sociales, técnicas, económicas e institucionales del municipio de Guaduas.

La selección de la alternativa está basada en los criterios de cumplimiento de los objetivos definidos; en los requerimientos técnicos, ambientales y sociales tales como disponibilidad de mano de obra, cantidades de residuos mínimas necesarias para viabilizar la implementación de una determinada alternativa.

De esta manera, se tuvieron en cuenta cuatro factores para la evaluación de las alternativas de optimización, que representan los aspectos económicos, sociales, técnicos y ambientales. Cada factor se dividió en indicadores de carácter cualitativo o cuantitativo, que se construyeron con base en la información recopilada en el municipio de Guaduas, la revisión bibliográfica, las experiencias de otros municipios, la legislación nacional y la política nacional de los residuos sólidos.

Cada uno de los factores utilizados presenta una ponderación relativa con relación a los otros, sumando entre todos 100%. Además, a cada indicador se le asignó una ponderación complementaria dentro de cada factor. Así mismo, el resultado

<sup>26</sup> Los estudios de prefactibilidad hacen referencia a aquellos basados principalmente en información secundaria que permiten realizar una evaluación general de las alternativas viables para la ejecución de un proyecto.

<sup>27</sup> Cinara es una institución de investigación y desarrollo, adscrita a la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Valle, reconocida por el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología de Colombia. Goza de un amplio reconocimiento en el sector de abastecimiento de agua y saneamiento ambiental tanto en Colombia como en otras regiones de América Latina.

de cada indicador fue evaluado en un mismo índice de escala, sin importar su carácter cuantitativo o cualitativo.

El índice de escala tiene como base común valores que fluctúan entre uno y diez puntos; al valor deseado para un indicador se le asignó una calificación de diez puntos y un menor puntaje a los valores menos deseados. El criterio para la evaluación de los indicadores de carácter cualitativo, se fundamenta en el grado de cumplimiento que tiene la alternativa sobre el indicador planteado. Así, para la mayoría de los indicadores se evalúa su grado de cumplimiento como “Alto”, “Medio” o “Bajo”. Para otros indicadores cualitativos se expuso su grado de cumplimiento como: “Si lo incluye”, “Parcialmente lo incluye” o “No lo incluye”. Los criterios para la evaluación de los indicadores cuantitativos se exponen dentro de la presentación de cada uno de los indicadores. En la siguiente sección se realiza una breve exposición de cada uno de los indicadores utilizados, su carácter de medición y los valores que le fueron asignados.

## **7.2.1 Aspectos determinantes de la Matriz de Evaluación**

### **7.2.1.1 Aspectos económicos**

Es uno de los factores importante para la selección de una tecnología de manejo de los residuos sólidos. Relaciona los costos de inversión y operación del sistema. La ponderación propuesta para este factor es del 20% del total de los factores. El factor económico está dividido en dos indicadores que sintetizan las características más importantes de este.

**Costos de Inversión.** Mide el costo de la alternativa de optimización, con respecto a los recursos disponibles por parte de la administración municipal, para inversión en proyectos de gestión de residuos sólidos. Es un indicador de tipo cuantitativo con la siguiente relación:

$$\text{Ecuación 7. 2} \quad \mathbf{CV = CV_A / RD}$$

Donde:

**CV:** Costos de inversión (Indicador)

**CV<sub>A</sub>:** Costo de inversión de la alternativa propuesta

**RD:** Recursos disponibles en la administración municipal para optimizar la planta

La calificación que se le asignó a este indicador varía entre 2 y 10 puntos. Para el caso del Municipio se asumieron los siguientes valores:

$$10 \text{ puntos si } CV < 0.8$$

8 puntos si  $0.8 \leq CV < 1.2$

5 puntos si  $1.2 \leq CV < 1,7$

2 puntos si  $CV > 1,7$

El ponderado asignado a este indicador es de 40% con respecto al total del aspecto económico. Es importante mencionar que los recursos disponibles por parte de la administración municipal son de \$100.000.000, mientras que los costos de inversión estimados para cada alternativa se presentan en el cuadro 7.7.

Cuadro 7. 5 Costos estimados de inversión para cada una de las alternativas de gestión de los residuos sólidos en el municipio de Guaduas

ALTERNATIVA	COSTOS DE INVERSIÓN (\$)
1	674.542.256
2	460.389.100

**Costos de operación:** Mide el costo de operación anual de la planta de implementarse la alternativa de optimización con respecto al actual costo de operación anual. Es un indicador de tipo cuantitativo con la siguiente relación:

Ecuación 7. 3

$$CO = CO_A / CO_V$$

Donde:

**CO:** Menor costo de operación anual (Indicador)

**CO<sub>A</sub>:** Costo de la alternativa propuesta

**CO<sub>V</sub>:** Costo anual actual.

La calificación que se le asignó a este indicador varía entre 2 y 10 puntos. Para el caso del Municipio se asumieron los siguientes valores:

10 puntos si  $CO < 0.2$

8 puntos si  $0.2 \leq CO < 0.4$

5 puntos si  $0.4 \leq CO < 0.7$

2 puntos si  $CO \geq 0.7$

El ponderado asignado a este indicador es de 60% con respecto al total del aspecto económico.

En la Tabla 7.8, se presenta un resumen de los costos de operación de cada alternativa de optimización.

Cuadro 7. 6 Costos de la operación anual para cada una de las alternativas de optimización de la planta de manejo integral de residuos sólidos en el municipio de Guaduas.

ALTERNATIVA	COSTOS OPERACIÓN ANUAL
1	459.208.936
2	671.863.056

#### 7.2.1.2 Aspectos Técnicos y Ambientales

Este es un aspecto relevante para la selección de una alternativa optimización, puesto que considera la aceptación de la alternativa con base en los aspectos técnicos planteados anteriormente. La ponderación propuesta para este factor es del 30% del total de los factores. El factor técnico está dividido en dos indicadores que sintetizan las características más importantes del mismo.

Capacidad instalada: Cuantifica la capacidad instalada propuesta con base en las actividades propuestas frente a la capacidad instalada actual. Es un indicador de tipo cuantitativo con la siguiente relación:

Ecuación 7. 4  $CI = CI_A / CI_V$

Donde:

**CI:** Mayor capacidad instalada (Indicador)

**CI<sub>A</sub>:** Capacidad instalada de la alternativa propuesta

**CI<sub>V</sub>:** Capacidad instalada actual.

La calificación que se le asignó a este indicador varía entre 2 y 10 puntos. Para el caso del Municipio se asumieron los siguientes valores:

$$\begin{aligned} &2 \text{ puntos si } CI < 1 \\ &5 \text{ puntos si } 1 \leq CI < 1,5 \\ &8 \text{ puntos si } 1,5 \leq CI < 2 \\ &10 \text{ puntos si } CI \geq 2 \end{aligned}$$

El ponderado asignado a este indicador es de 60% con respecto al total del aspecto técnico.

Vertimiento de lixiviados a cuerpos hídricos: cuantifica el volumen de lixiviado vertido a la quebrada el naranjal, frente a las alternativas de optimización propuestas. Es un indicador de tipo cuantitativo con la siguiente relación:



Ecuación 7. 5

$$VL = VL_A / VL_v$$

Donde:

**VL:** Vertimiento a cuerpos hídricos (Indicador)

**VL<sub>A</sub>:** Vertimiento de la alternativa propuesta

**VL<sub>v</sub>:** Vertimiento actual.

La calificación que se le asignó a este indicador varía entre 2 y 10 puntos. Para el caso del Municipio se asumieron los siguientes valores:

10 puntos si  $CI < 0.3$

8 puntos si  $0.3 \leq CI < 0.6$

5 puntos si  $0.6 \leq CI < 0.9$

2 puntos si  $CI \geq 0.9$

El ponderado asignado a este indicador es de 40% con respecto al total del aspecto técnico y ambiental.

### 7.2.1.3 Aspectos Socioculturales

Este es un factor que evalúa la posibilidad de las alternativas de generar empleo en el Municipio, la vinculación y participación de la población en la optimización de la planta, la posibilidad de despertar sensibilidad ambiental en los diferentes sectores comunitarios y la vinculación de los actuales recicladores al proceso de manejo de los residuos sólidos. Debido a su importancia dentro de la sostenibilidad de la gestión de los residuos sólidos y de la misma prestación del servicio, se propuso asignarle una ponderación del 20% sobre el total de los factores. El factor social está dividido en cuatro indicadores que describen las características más importantes de este factor.

**Generación de empleo:** Evalúa la posibilidad de cada alternativa de generar empleo para la población del Municipio con respecto al número de trabajadores existentes en el actual esquema de aprovechamiento de residuos. La evaluación es de carácter cuantitativo, con la siguiente relación:

Ecuación 7. 6

$$GE = EA / E$$

Donde:

**GE:** Generación de empleo

**EA:** Número total de trabajadores en la alternativa propuesta

**E:** Número de trabajadores actual

La calificación que se le asignó a este indicador varía entre 2 y 10 puntos. Para el caso concreto del municipio de Guaduas se asumieron los siguientes valores:

10 puntos si  $GE > 1$

2 puntos si  $GE \leq 1,0$

El ponderado asignado a este indicador es de 20% con respecto al total del aspecto socioculturales. En el cuadro 7.9 se presenta el número de empleados en cada una de las alternativas incluyendo la actual

Cuadro 7. 7 Número total de empleados en cada una de las alternativas de optimización

ALTERNATIVA	NÚMERO DE EMPLEADOS
1	22
2	22

Vinculación de la comunidad en la gestión de los residuos: Mide los niveles de participación de la comunidad en la gestión integral de los residuos sólidos para cada una de las alternativas. De esta manera, la vinculación de la comunidad en el desarrollo de cualquier alternativa le confiere la posibilidad de sostenibilidad al proyecto y mayores beneficios para la población. Su evaluación se realizó de manera cualitativa, estimando como niveles de vinculación “Alto”, “Medio” y “Bajo”, los cuales fueron calificados con los valores de 10 puntos, 5 puntos y 1 punto respectivamente. El ponderado asignado a este indicador es 30% con respecto al total de los aspectos sociales.

VC = alto = 10

VC = medio = 5

VC = bajo = 2

Sensibilización ambiental: Evalúa la posibilidad de que la alternativa de optimización incida en la transformación de los hábitos culturales en la comunidad y la oriente hacia un respeto por el ambiente, el manejo adecuado de los residuos sólidos, el aprovechamiento y transformación de los mismos, y a disminuir los niveles de consumo. Su evaluación se realizó de manera cualitativa, estimando como niveles de vinculación “Alto”, “Medio” y “Bajo”, los cuales fueron calificados

con los valores de 10 puntos, 5 puntos y 1 punto respectivamente. El ponderado asignado a este indicador es 20% con respecto al total de los aspectos sociales.

SA = alto = 10  
SA = medio = 5  
SA = bajo = 2

## 7.2.2 Resultados de la aplicación de la matriz de delimitación

En la cuadro 7.8, se presenta los indicadores utilizados en la formulación de la matriz de decisión de la alternativa de optimización para la planta de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS)

Cuadro 7. 8 Indicadores utilizados en la creación de la matriz de delimitación de la alternativa de optimización de la planta de manejo integral de residuos sólidos

Factores		Indicadores		Medición	Valores Posibles	Valores Deseados	Calificación (Puntos)
%	Nombre	%	Nombre				
30%	Económicos	20%	Costos de inversión	CV = Costo alternativa / Recursos Disponibles	CV < 1.5	CV ≥ 1.7	10 puntos si CV < 0.8
							8 puntos si 0.8 < CV < 1.2
							5 puntos si 1.2 < CV < 1,7
							2 puntos si CV > 1,7
		80%	Costos de operación anual	CO = Costo de la alternativa propuesta / Costo anual actual	CO > 0.7	CO < 0.2	10 puntos si CO < 0.2
							8 puntos si 0.2 < CO < 0.4
							5 puntos si 0.4 < CO < 0.7
							2 puntos si CO < 0.7
60%	Técnicos y Ambientales	60%	Capacidad Instalada	CI= Capacidad alternativa/capacidad actual	CI<1.3	CI>2	2 puntos si CI < 1
							5 puntos si 1 < CI < 1,5
							8 puntos si 1,5 < CI < 2

							10 puntos si CI < 2
		40%	Impacto a Cuerpos Hídricos	VL= Vertimiento alternativa / vertimiento actual	VL > 0.7	VL<0.3	10 puntos si VL < 0.3
							8 puntos si 0.3 < VL < 0.6
							5 puntos si 0.6 < VL < 0.9
							10 puntos si CI < 2
10%	Sociales y culturales	35%	Generación de empleo	GE = # Total empleos alternativa / # empleos actuales	GE ≥ 0	GE ≤ 1	10 puntos si GE > 1
							2 puntos si GE < 1,0
		30%	Vinculación de la comunidad en la gestión de los residuos sólidos	Posibilidad de vinculación de la comunidad (VC)	Alto	Alto	VC = alto = 10
					Medio		VC = medio = 5
					Bajo		VC = bajo = 2
		35%	Sensibilización ambiental	Posibilidad de despertar mayor sensibilidad ambiental (SA)	Alto	Alto	SA = alto = 10
					Medio		SA = medio = 5
					bajo		SA = bajo = 2
							6 si 0,5 < DF =< 0,85
							2 si DF > 0,85

La Tabla 7.7 contiene los resultados de aplicar cada indicador sociocultural, técnico ambiental y económico a las dos alternativas de optimización para la planta de manejo integral de residuos sólidos. Igualmente, contiene la calificación obtenida de acuerdo con los valores de cada indicador y finalmente los valores ponderados para cada alternativa de optimización.

Tabla 7. 7 Valores obtenidos, calificación obtenida y valores ponderados por la aplicación de la matriz de decisión de alternativas.

Indicadores	Valores obtenidos		Calificación Obtenida		Valor Ponderado	
	Alternativa		Alternativa		Alternativa	
	1	2	1	2	1	2
Costos de inversión	2.17	1.57	2	5	0.4	1
Costos de operación anual	0.36	0.96	8	2	6.4	1.6
Capacidad Instalada	2.13	1.47	10	5	6	3
Impacto a Cuerpos Hídricos	0	0.67	10	5	4	2
Generación de Empleo	0.83	1.17	2	10	0.7	3.5
Vinculación de la comunidad en la gestión de los residuos	Alta	Alta	10	10	3	3
Sensibilización ambiental	Alta	Alta	10	10	3.5	3.5
<b>TOTAL</b>				<b>24</b>	<b>17.6</b>	

### 7.2.3 Análisis de resultados y selección de alternativa de manejo de los residuos sólidos

La Tabla 7.7 presenta los resultados de la aplicación de la matriz de delimitación de alternativas de optimización, que más se ajustan a las condiciones actuales. Los resultados muestran que la alternativa 1 con valor ponderado de 24 presenta las mejores condiciones para implementarse en el municipio frente a la alternativa 2 que obtuvo 17.6 puntos. Esto se debe principalmente a que en la alternativa 1 se consideran los aspectos técnicos y ambientales como los de mayor relevancia ya que el impacto generado y la capacidad instalada actual, no son las apropiadas para este tipo de actividad o proceso, ya que se afecta el bienestar de la comunidad aledaña al sitio de estudio y una afectación directa a los recursos naturales, lo que propicio una mayor calificación.

Teniendo en cuenta que las alternativas estudiadas fueron dos y que mediante el análisis de prefactibilidad se determinó que la alternativa 1 es más factible para la optimización de la planta, se esbozan en el cuadro 7.9, los beneficios alcanzados por dicha alternativa frente a los costos del sistema.

Cuadro 7. 9 Análisis Beneficio de la Alternativa 1<sup>28</sup>

Aspecto	Beneficio
Económico	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayores ingresos percibidos por implementación de nueva tarifa acorde con los costos operativos del sistema.</li> <li>- Reducción de costos operativos de la planta de aprovechamiento por un diseño técnico y operacional adecuado</li> </ul>
Técnico y Ambiental	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Minimización de impactos ambientales y sanitarios en la zona rural por esquema de optimización planteado</li> <li>- Disminución de riesgos a la salud pública con adecuado manejo de los residuos.</li> <li>- Reducción del impacto ambiental generado por malos olores y vertimientos a cuerpos hídricos</li> <li>- Aprovechamiento de los residuos sólidos, que logran beneficios ambientales por la reincorporación de residuos sólidos al sistema productivo.</li> <li>- Dotación a los empleados con elementos de seguridad industrial y de esta manera minimizar los riesgos de salud ocupacional.</li> <li>- Aumento en la eficiencia del aprovechamiento de residuos orgánicos por medio del compostaje y lombricompostaje.</li> <li>- Producción de abono de buena calidad.</li> <li>- Reducción de las concentraciones y la cantidad de emisiones del horno incinerador.</li> <li>- Desarrollo de nuevas alternativas en el manejo de residuos sólidos municipales</li> <li>- Cumplimiento de las exigencias ambientales a cargo de la CAR</li> </ul>
Sociocultural	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor posibilidad de generación de empleo</li> <li>- Posibilidad de elevar los niveles de sensibilización ambiental en la comunidad</li> <li>- De implementarse el aprovechamiento de los residuos sólidos se podrían generar procesos de educación ambiental orientados hacia la separación de los residuos sólidos en la fuente y a minimizar la producción de los mismos.</li> <li>- Generar hábitos en la comunidad sobre la separación en la fuente</li> <li>- Posibilidad de prestigio a nivel nacional por un adecuado manejo de los residuos sólidos</li> <li>- Organización de los recicladores municipales.</li> </ul>

<sup>28</sup> Fuente: los autores

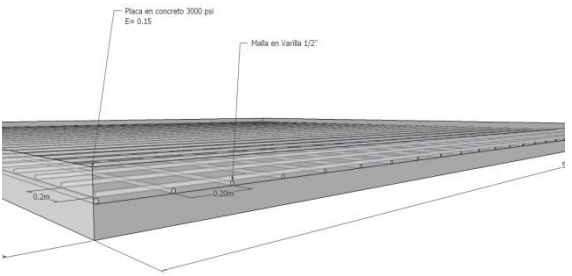
### 7.3 DISEÑO DE LA ALTERNATIVA DE OPTIMIZACIÓN TÉCNICA Y OPERATIVA SELECCIONADA.

Con la selección de la alternativa No. 1 como la más viable para la optimización técnica y operativa de la PMIR del municipio de Guaduas, se desarrollarán los aspectos técnicos y operativos, que en conjunto proyectan un sistema de calidad para el aprovechamiento de los residuos sólidos, teniendo en cuenta la capacidad económica y operativa del municipio. El desarrollo de la alternativa la iniciaremos describiendo la optimización técnica y posteriormente la optimización operativa en cada una de las áreas de la planta.


#### 7.3.1 Optimización del Sistema Técnico

##### 7.3.1.1 Área de Descargue y Separación (véase planos anexo A5)


Cuadro 7. 10 Especificaciones técnicas placa en concreto,

PLACA EN CONCRETO			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte isométrico Placa en Concreto
Área	m2	500	 <p>Placa en concreto 3000 psi En 0.15</p> <p>Mallo en Varilla 1/2"</p> <p>0.20m</p> <p>0.20m</p>
Largo	m	25	
Ancho	m	20	
Espesor	m	0.15	
Varilla de Hierro 1/2"	Kg	5500	
Espaciamiento parrilla	m	0.2	
Concreto	psi	3000	

Cuadro 7. 11 Especificaciones técnicas cubierta

CUBIERTA			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte de isométrico, Cubierta
Altura	m	7	 <p>2.150m</p>
Columnas	un	12	
Estructura en acero	Kg	3528	
Tejas de zinc	un	115	
Concreto de zapatas	psi	3000	


Cuadro 7. 12 Especificaciones técnicas vía de acceso a descargue

VÍA DE ACCESO A DESCARGUE			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte de Frontal, Vía de acceso a descargue
Área	m <sup>2</sup>	250	
Largo	m	62	
Ancho	m	4	
Espesor	m	0.2	
Pendiente	%	8	

Cuadro 7. 13 Especificaciones técnicas ampliación de muro

AMPLIACIÓN DE MURO			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte isométrico, Ampliación de muro
Área	m <sup>2</sup>	30	
Largo	m	6	
Ancho	m	5	
Altura	m	2	
Concreto ciclópeo <sup>29</sup>	m3	36	

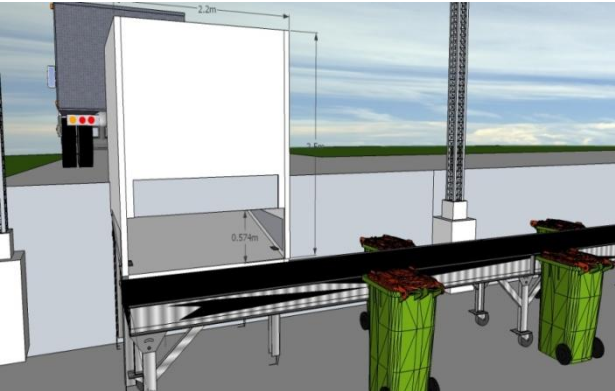
Cuadro 7. 14 Especificaciones técnicas banda transportadora

BANDA TRANSPORTADORA			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte isométrico, Banda transportadora y contenedores plásticos
Longitud	m	20	
Ancho chasis	pulg	27 1/4"	
Altura	m	1.45	
Ancho banda	pulg	24	
Motoreductor	hp	1.8	


<sup>29</sup> Compuesto por 40% de roca y 60% de concreto



Cuadro 7. 15 Especificaciones técnicas tolva de descarga.


TOLVA DE DESCARGA			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte isométrico, Tolva de descarga
Área superficial	m2	15.5	
Acero al carbón	cal	1/4"	
Altura	m	2.5	
Ancho	m	2.2	
Capacidad	m3	9	

Cuadro 7. 16 Especificaciones técnicas contenedores plásticos


CONTENEDORES PLÁSTICOS			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte isométrico contenedores plásticos
Cantidad	un	17	
Capacidad	m3	1	
Altura	m	1.5	
Ancho	m	0.8	
Largo	m	0.8	

### 7.3.1.2 Área de Almacenamiento (véase planos anexo A6)

Cuadro 7. 17 Especificaciones técnicas cuartos de almacenamiento

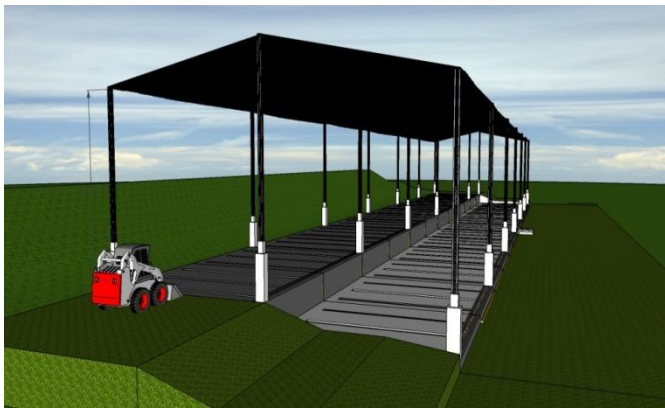
CUARTOS DE ALMACENAMIENTO MATERIAL RECICLABLE			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte de frontal. Cuartos de almacenamiento
Area	m2	20	
Cantidad	un	10	
Altura	m	2.5	
Largo	m	3	
Capacidad de almacenamiento	m3	224	

Cuadro 7. 18 Especificaciones técnicas cernido y almacenamiento de abono


CERNIDO Y ALMACENAMIENTO DE ABONO			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte frontal. Área de cernido y almacenamiento de abono
Area	m2	150	
Altura	m	5	
Capacidad de almacenamiento	m3	400	

### 7.3.1.3 Área de Aprovechamiento

Cuadro 7. 19 Especificaciones técnicas terrazas para compostera (véase plano anexo A7)

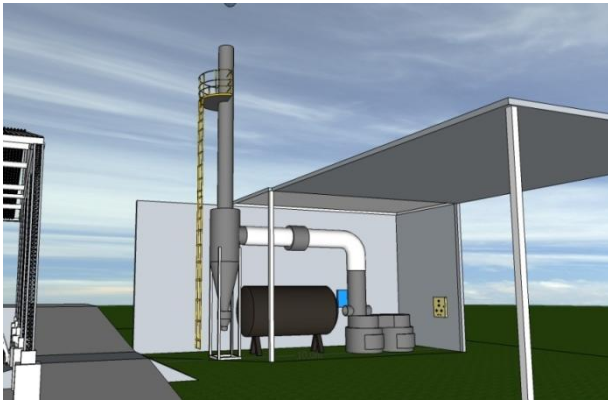
TERRAZAS PARA COMPOSTERA			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte de isométrico, Área de compostaje,
Area	m <sup>2</sup>	720	
Ancho	m	12	
Largo	m	60	
Concreto	psi	3000	
Altura cubierta	m	5	
Volumen caja desagüe	m <sup>3</sup>	1	
Grava ½"	m <sup>3</sup>	6	
Tubería pvc sanitaria	Pulg	1 ½ "- 2"	
Capacidad de aprovechamiento	m <sup>3</sup>	1440	

Cuadro 7. 20 Especificaciones técnicas lombricomposteras (véase plano anexo A8)

LOMBRICOMPOSTERAS			
Parámetro	Un.	Cant.	Corte isométrico, lombricomposteras
Camas	un	70	
Area/cama	m <sup>2</sup>	18	
Ancho	m	1.8	
Largo	m	10	
Volumen caja desagüe	m <sup>3</sup>	0.2	
Grava ½"	m <sup>3</sup>	30	
Tubería pvc sanitaria	Pulg	1 ½ "- 2"	
Capacidad de aprovechamiento	m <sup>3</sup>	1400	

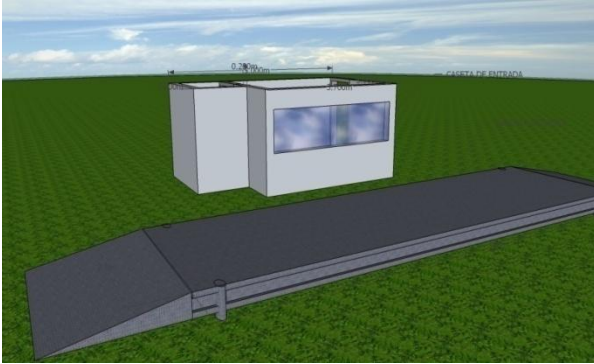
### 7.3.1.4 Área De Incineración

Cuadro 7. 21 Especificaciones técnicas lombricomposteras

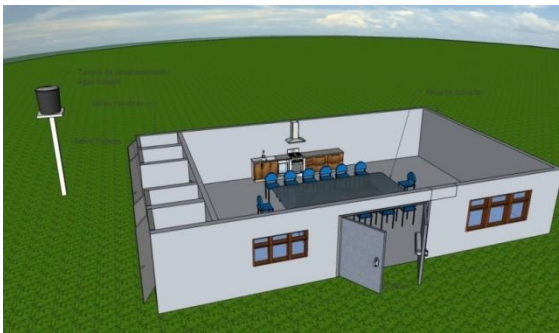
HORNO INCINERADOR			
Parámetro	Tipo		Corte isométrico, Horno Incinerador
Combustible	Gas natural		
Tasa de incineración	Kg/hr	200	
Temperatura máxima cámara	0C	1300	
Velocidad de gases	m / s	5	
Tiempo de residencia	Segundos	0.945	

### 7.3.1.5 Áreas Comunes

Cuadro 7. 22 Especificaciones técnicas báscula

BÁSCULA PARA PESAJE DE CAMIONES	
Especificaciones	Corte isométrico, Báscula
Celdas de carga marca UTILCELL	
Un (1) indicador digital en acero inoxidable APOLO ISO 9001.	
Caja sumatoria de conexión entre celdas, plástica para evitar oxidación y cortos circuitos	
Cableado de conexión entre celdas hasta el indicador digital	
Soportes auto centrantes en acero estructural de gran resistencia.	
Plataforma con sus módulos estructurales en VIGAS IPE	

Cuadro 7. 23 Especificaciones técnicas baños y comedor

BAÑOS Y COMEDOR	
Especificaciones	Corte isométrico, Báscula
Enchape en baldosín	
Instalación de puntos sanitarios	
Suministro e instalación de marco y puerta, desagües y pintura, sanitarios, lavamanos, orinales,	

### 7.3.2 Optimización Del Sistema Operativo

#### 7.3.2.1 Horarios y Turnos De Trabajo

Para la operación de la planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Guaduas es necesario contar con 22 Operarios y un supervisor que laboraran de lunes a Viernes de 6:30 am a 4:30 pm con dos descanso de 15 minutos, en la mañana de 8:45 am a 9:00 am y en la tarde de 2:15 pm a 2:30 pm con una hora de almuerzo de 12:00 m a 1:00 pm. El día sábado el horario será de 6:30 am a 12 m con un descanso de 8:45 am a 9:00 am.

#### 7.3.2.2 Funciones Del Personal Operativo

Cuadro 7. 24. Funciones personal operativo

CARGO	FUNCIONES	ÁREA DE TRABAJO
Operario de Separación	- Separar los residuos sólidos que llegan a la PMIRS sobre la Banda Transportadora en los contenedores plásticos.	Separación y Descargue
Evacuador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Evacuar los residuos separados en los contenedores plásticos a las bodegas de almacenamiento de material aprovechable y el material no aprovechable al horno incinerador.</li> <li>- Apoyar la operación de la maquina compactadora de material aprovechable.</li> <li>- Operar la banda transportadora cuando el supervisor no se encuentre.</li> </ul>	Separación y Descargue

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Guiar al vehículo compactador al frente de la tolva de descargue</li> <li>- Abrir la caja de compactación del vehículo recolector para que realice el descargue.</li> <li>- Cerrar la caja de compactación del vehículo recolector cuando termine de descargar los residuos</li> </ul>	
Operador Bobcat	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llenar cada vez que sea necesario la tolva de descargue con los residuos descargados por el vehículo compactador.</li> <li>- Transportar los residuos orgánicos del área de descargue al área de compostaje.</li> <li>- Armar las pilas de compost</li> <li>- Realizar el volteo del compost.</li> <li>- Transportar el compost del área de compostaje al área de lombricompostaje</li> </ul>	Separación, compostaje y lombricompostaje
Operario de Bodega	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Recuperar los metales como Cobre, aluminio, bronce y antimonio, que hacen parte de aparatos eléctricos o mecánicos que llegan a la planta.</li> <li>- Limpiar el papel archivo y el vidrio</li> <li>- Operar la maquina compactadora de material aprovechable.</li> </ul>	Bodegas de almacenamiento de material aprovechables
Operario de apoyo en compostaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operar la máquina trituradora de material orgánico.</li> <li>- Verificar los parámetros pH, Temperatura humedad y acidez del compost cuando el supervisor no se encuentre.</li> </ul>	Compostaje
Operario de apoyo en Lombricompostaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alimentar las capas de lombricompostaje</li> <li>- Mantener la humedad del humus cuando el supervisor no se encuentre.</li> <li>- Verificar los parámetros pH, Temperatura y humedad del humus cuando el supervisor no se encuentre.</li> </ul>	Lombricompostaje
Operario de apoyo en bodega de Humus	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operar el tamiz</li> <li>- Empacar el humus</li> <li>- Almacenar el humus si es necesario</li> </ul>	Bodegas Humus
Operario Horno Incinerador	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Operar el horno tal cual como se indica en el manual del mismos entregado por el productor PROINDUL LTDA.</li> </ul>	Incineración
Supervisor	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribuir y coordinar el trabajo de los operarios de la PMIRS</li> <li>- Operar la Banda Transportadora.</li> <li>- Coordinar la producción de Compost y Humus</li> <li>- Velar por el buen funcionamiento de la PMIRS</li> <li>- Informar al jefe de la Oficina de Servicios Públicos las novedades presentadas en el desempeño de su cargo.</li> <li>- Tomar los datos de la bascula</li> <li>- Verificar los parámetros pH, Temperatura humedad y acidez del compost y el humus.</li> <li>- Realizar la bitácora de operación diaria de la PMIRS</li> <li>- Realizar los registros del material que entran y</li> </ul>	Separación y descargue, Bodegas de almacenamiento, Compostaje, Lombricultura, incineración.

	salen de la PMIRS - Las demás funciones que le asigne el superior inmediato.	
--	---	--

### 7.3.2.3 Procedimientos De Operación

Los procedimientos de operación para cada área de la planta, se encuentran descritos en el manual de operación (*véase anexo A1*). Este manual se elaboró siguiendo las recomendaciones de los manuales de operación y mantenimiento de equipos y vehículos suministrados por el fabricante, de igual forma contiene los requisitos mínimos contemplados en el RAS 2009, título F.

7.	FORMULACIÓN Y EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS .....	70
7.1	Formulación de Alternativas. ....	70
7.1.1	Alternativa de Optimización 1 .....	72
7.1.1.1	Descripción .....	72
7.1.1.2	Aspectos Técnicos.....	74
7.1.1.3	Aspectos Operativos.....	78
7.1.1.4	Aspectos Económicos .....	79
7.1.1.5	Razón Beneficio/Costo .....	81
7.1.2	Alternativa de Optimización 2 .....	82
7.1.2.1	Descripción .....	82
7.1.2.2	Aspectos Técnicos.....	84
7.1.2.3	Aspectos Operativos.....	87
7.1.2.4	Aspectos Económicos .....	87
7.1.2.5	Razón Beneficio/Costo .....	89
7.2	ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVA.....	90
7.2.1	Aspectos determinantes de la Matriz de Evaluación .....	91
7.2.1.1	Aspectos económicos.....	91
7.2.1.2	Aspectos Técnicos y Ambientales .....	93
7.2.1.3	Aspectos Socioculturales.....	94
7.2.2	Resultados de la aplicación de la matriz de delimitación.....	96
7.2.3	Análisis de resultados y selección de alternativa de manejo de los residuos sólidos.....	98
7.3	Diseño de la alternativa de optimización técnica y operativa seleccionada. ....	100
7.3.1	Optimización del Sistema Técnico.....	100
7.3.1.1	Área de Descargue y Separación ( <i>véase planos anexo A5</i> ) ....	100
7.3.1.2	Área de Almacenamiento ( <i>véase planos anexo A6</i> ) .....	103
7.3.1.3	Área de Aprovechamiento .....	104



7.3.1.4	Área De Incineración .....	105
7.3.1.5	Áreas Comunes .....	105
7.3.2	Optimización Del Sistema Operativo .....	106
7.3.2.1	Horarios y Turnos De Trabajo.....	106
7.3.2.2	Funciones Del Personal Operativo .....	106
7.3.2.3	Procedimientos De Operación .....	108

Tabla 7. 1 Costo de inversión Alternativa de optimización técnica No. 1 .....	79
Tabla 7. 2 Costo de operación anual Alternativa de optimización No. 1 .....	80
Tabla 7. 3 Ingresos anuales Alternativa de optimización No. 1.....	80
Tabla 7. 4 Costo de inversión Alternativa de Optimización Técnica No. 2.....	88
Tabla 7. 5 Costo de operación anual Alternativa de optimización No. 2 .....	88
Tabla 7. 6 Ingresos anuales Alternativa de optimización No. 2.....	88
Tabla 7. 7 Valores obtenidos, calificación obtenida y valores ponderados por la aplicación de la matriz de decisión de alternativas. ....	98

Cuadro 7. 1 Descripción de la Alternativa de Optimización 1. ....	72
Cuadro 7. 2 Ventajas de la Alternativa 1.....	74
Cuadro 7. 3 Descripción de la Alternativa de Optimización 2. ....	82
Cuadro 7. 4 Ventajas de la Alternativa 2.....	83
Cuadro 7. 5 Costos estimados de inversión para cada una de las alternativas de gestión de los residuos sólidos en el municipio de Guaduas .....	92
Cuadro 7. 6 Costos de la operación anual para cada una de las alternativas de optimización de la planta de manejo integral de residuos sólidos en el municipio de Guaduas. ....	93
Cuadro 7. 7 Número total de empleados en cada una de las alternativas de optimización .....	95
Cuadro 7. 8 Indicadores utilizados en la creación de la matriz de delimitación de la alternativa de optimización de la planta de manejo integral de residuos sólidos ...	96
Cuadro 7. 9 Análisis Beneficio de la Alternativa 1 .....	99
Cuadro 7. 10 Especificaciones técnicas placa en concreto, .....	100
Cuadro 7. 11 Especificaciones técnicas cubierta.....	100
Cuadro 7. 12 Especificaciones técnicas vía de acceso a descargue.....	101
Cuadro 7. 13 Especificaciones técnicas ampliación de muro .....	101
Cuadro 7. 14 Especificaciones técnicas banda transportadora .....	101
Cuadro 7. 15 Especificaciones técnicas tolva de descarga. ....	102
Cuadro 7. 16 Especificaciones técnicas contenedores plásticos .....	102
Cuadro 7. 17 Especificaciones técnicas cuartos de almacenamiento.....	103
Cuadro 7. 18 Especificaciones técnicas cernido y almacenamiento de abono ....	103
Cuadro 7. 19 Especificaciones técnicas terrazas para compostera (véase plano anexo A7).....	104
Cuadro 7. 20 Especificaciones técnicas lombricomposteras (véase plano anexo A8) .....	104
Cuadro 7. 21Especificaciones técnicas lombricomposteras .....	105
Cuadro 7. 22 Especificaciones técnicas báscula .....	105
Cuadro 7. 23 Especificaciones técnicas baños y comedor .....	106
Cuadro 7. 24. Funciones personal operativo .....	106

Figura 7. 1. Alternativa de optimización No. 1.....	71
Figura 7. 2 Alternativa de optimización No. 2.....	71
Figura 7. 3 Alternativa de optimización No. 1.....	75
Figura 7. 4 Sistema operativo Alternativa de optimización No. 1 .....	79
Figura 7. 5 Alternativa de optimización No. 2.....	84
Figura 7. 6 Sistema operativo Alternativa de optimización No. 2 .....	87

## **8. PROGRAMA PILOTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL “GUADUAS VILLA ECOLÓGICA”**

### **8.1 OBJETIVOS**

#### **8.1.1 General**

Desarrollar el Programa Piloto de Educación Ambiental “Guaduas Villa Ecológica” dentro de la cabecera municipal de Guaduas.

#### **8.1.2 Específicos**

- Concienciar los usuarios del servicio de aseo seleccionados en la separación en la fuente de los residuos sólidos domiciliarios.
- Crear responsabilidad y cultura ambiental en la población seleccionada del casco urbano de Guaduas.
- Mejorar las condiciones de presentación de los residuos sólidos Domiciliarios.

### **8.2 ALCANCES**

- Concienciar a cuatrocientos usuarios del servicio de aseo de la cabecera municipal en la separación en la fuente de los residuos sólidos domiciliarios.
- Cambiar los hábitos de la comunidad en cuanto a la generación y aprovechamiento de los residuos sólidos domiciliarios.
- Incentivar a los usuarios capacitados para que presente sus residuos sólidos domiciliarios en dos bolsas. Amarilla o en su lugar blanca para los residuos aprovechables y negra para los residuos orgánicos y no aprovechables.

### **8.3 ESTRUCTURA DEL PROGRAMA**

#### **8.3.1 Modulo 1: Estrategia de Convocatoria.**

En el modulo uno se desarrollo una completa estrategia de convocatoria para incentivar la participación de la comunidad durante las actividades del Programa Piloto. Dentro de la estrategia se utilizaron herramientas como: pautas publicitarias

en la emisora local, publicidad escrita, perifoneo, volantes y reuniones con los presidentes de juntas de acción comunal y líderes comunitarios de los barrio seleccionados para solicitar su apoyo en la convocatoria durante el desarrollo del programa.

Las pautas publicitarias en la emisora local consistían en invitar a la comunidad a las actividades a desarrollarse en el marco del programa piloto de educación ambiental. De otra parte se realizaron intervenciones en la programación de la emisora en horarios matutinos donde por medio de entrevistas se exponía la importancia de implementar el programa y las actividades programadas. Estas actividades auditivas fueron acompañadas de perifoneos informativos que se realizaban un día antes de la actividad programada.

Para el primer acercamiento con las comunidades seleccionadas se realizó una reunión informal con los presidentes de juntas de acción comunal para socializarles el contenido del programa, el cronograma de actividades y la importancia de la participación de los usuarios del servicio de aseo durante el desarrollo del programa piloto de educación ambiental.

### **8.3.2 Modulo 2: Concienciación Ambiental**

En el municipio de Guaduas nunca ha existido separación en la fuente de residuos sólidos por parte de la comunidad, por esta razón para empezar a cambiar los hábitos de las personas es necesario hacerlo mediante espacios de participación que permita concentrar la atención de las comunidades sin necesidad de presionarlas. La mejor herramienta para llevar a cabo la concienciación es mediante talleres de educación ambiental en el manejo de residuos sólidos domiciliarios y actividades como obras de teatro y concursos.

Para la concienciación ambiental y el desarrollo del programa fue necesario determinar la población objetivo. Para este fin se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- Población ubicada dentro del perímetro urbano
- Entre 40 y 50 usuarios del servicio de aseo municipal
- Debe existir por lo menos un Establecimiento comercial.
- Zona residencial.
- La población debe ser de diferentes edades
- El servicio de aseo debe tener frecuencia de dos veces por semana.

Con base en estos criterios de selección establecidos con anterioridad en el anteproyecto se tomó la decisión de trabajar con los Barrios Virreyes con ciento ochenta y dos (182) usuarios, Policarpa con ciento veinte (120) y Villa Esperanza con ochenta y cinco (85) usuarios para un total de 387 usuarios del servicio de aseo.

En estos barrios encontramos alrededor de siete establecimientos comerciales como tiendas y supermercados y los tres barrios hacen parte del bloque norte del casco urbano del municipio separados del centro aproximadamente 800 m, lo que los convierte en barrios netamente residenciales. En el sector se encuentran estratos socioculturales entre dos y cuatro.

Los tres barrios tienen la misma ruta de recolección con una frecuencia de dos veces en la semana los días martes y viernes.

En las fotos 8.1 y 8.2 se observa la presentación de la obra de teatro Guaduas villa ecología y la exposición de los logos que participaron en el concurso, respectivamente.



Foto 8. 1 Presentación obra de Teatro



Foto 8. 2 Concurso de Logo

La segunda herramienta de concienciación que se llevo a cabo fue una Obra de teatro titulada “Guaduas Villa Ecológica”. Montada y presentada por el Grupo Juvenil Ecológico Salvaguardando el Medio Ambiente (GESMA) de la Institución Educativa Miguel Samper de Guaduas. Esta obra fue presentada durante el lanzamiento del programa piloto y en la mitad del desarrollo del mismo. La tercera y última actividad para vincular a los jóvenes en la concienciación ambiental fue un concurso del logo para el Programa piloto de Educación Ambiental dirigido a jóvenes entre 14 y 19 años, el logo debían tener tres colores y mensaje claro hacia la separación en la fuente. El primer puesto recibió cien mil pesos y el segundo una memoria USB.

### **8.3.3 Modulo 3: Jornadas Prácticas.**

Las jornadas prácticas fueron de dos tipos. La primera fue una actividad puerta a puerta que se llevo a cabo con el apoyo del Grupo Juvenil Ecológico Salvaguardando el Medio Ambiente (GESMA). Consistía en realizar una visita a cada casa de los Barrios Virreyes, Policarpa y Villa Esperanza para explicar la separación que se debería empezar hacer de los residuos sólidos en cada casa, esto se acompañaba con la entrega de dos adhesivos, uno que contenía la

información de los residuos que deben ir en las bolsas amarillas y el otro con la información de los residuos que deben ir en la bolsa negra. Además se entregaban cuatro bolsas amarillas y cuatro bolsas negras a cada usuario. Esta actividad se realizó en dos oportunidades durante los tres meses de ejecución del programa piloto.

La foto 8.3 muestra el grupo GESMA al inicio del recorrido del puerta a puerta, y en la foto 8.4 se observa el grupo GESMA con la comunidad del barrio Policarpa.



Foto 8. 3 Grupo GESMA



Foto 8. 4 Puerta a Puerta

La segunda jornada práctica consistió en enseñarles a los usuarios seleccionados a elaborar compost en sus casas. Para esta actividad cada usuario llevó material orgánico que generaban en sus casas. La actividad se llevó a cabo en la zona verde del Barrio Policarpa y tuvo una duración de dos horas. Para esta actividad a cada usuario que participó se le entregó un plegable con una guía práctica para la elaboración de compost en las viviendas.

## 8.4 CONTENIDOS PROGRAMÁTICOS MÍNIMOS

Para la ejecución del programa piloto de educación ambiental se establecieron algunos contenidos programáticos mínimos para el desarrollo de los talleres de concienciación ambiental.

### 8.4.1 Taller 1: Residuos Sólidos Orgánicos, Aprovechables y No Aprovechables.

*Objetivo: Diferenciar entre los tipos de residuos sólidos que se generan en las viviendas y aprender las formas de aprovecharlos.*

*Temas:*

- Introducción y presentación del Programa Piloto de Educación Ambiental “Guaduas Villa Ecológica”



- Cronograma del Programa Piloto de Educación Ambiental “Guaduas Villa Ecológica”.
- Que es un Residuo Solido.
- Diferencia entre Residuo Solido y Basura.
- Cuáles son los Residuos Orgánicos.
- Cuáles son los Residuos Aprovechables.
- Cuáles son los Residuos No Aprovechables.
- Cuáles son los residuos peligrosos en las casas.
- Grafica caracterización de los residuos sólidos generados en el Municipio.

#### **8.4.2 Taller 2: Separación en la Fuente de residuos sólidos domésticos.**

*Objetivo: Explicar la separación de los residuos en dos recipientes, de color amarillo para residuos aprovechables, y negro para residuos orgánicos y no aprovechables.*

**Temas:**

- Explicación de la separación propuesta para separar los residuos sólidos.
- Tipos de Recipientes
- Horarios de Recolección
- Bolsa Amarilla
- Bolsa Negra
- Adhesivo bolsa Amarilla
- Adhesivo bolsa Negra
- Presentación de los residuos sólidos Domésticos al servicio de aseo.

#### **8.4.3 Taller 3: Beneficios de la separación en la Fuente (Reducir, Reutilizar y Reciclar).**

*Objetivo: Crear responsabilidad y cultura ambiental en las comunidades a través de la separación de los residuos sólidos.*

**Temas:**

- Como reducir los Residuos
- Ejemplos de la Reducción de los residuos sólidos generados en las casas
- Como reutilizar los Residuos
- Ejemplos de reutilización de los residuos sólidos en las casas.
- Como se reciclan los residuos domiciliarios
- Datos estadísticos de los beneficios de separar en la fuente
- Consejos prácticos para proteger el medio ambiente.

#### **8.4.4 Taller 4: Reservas Naturales**

*Objetivo: Compara el manejo de los residuos en dos escenarios, áreas naturales con las ciudades generadores incontrolables de residuos.*

*Temas:*

- Que es una reserva Natural
- Reservas naturales de importancia Nacional
- Reservas naturales dentro del Municipio de Guaduas
- Beneficios de las Reservas
- Comparación de los Rellenos Sanitarios y las Reservas Naturales

Cada taller se llevó a cabo en dos sesiones para lo cual se organizó la comunidad en dos grupos. El primero lo conformaba la comunidad del barrio los Virreyes por ser la de mayor número de usuarios del servicio de aseo mientras que el segundo grupo estuvo conformado por la comunidad de los barrios Villa Esperanza y Policarpa.

### **8.5 ESTRATEGIAS PEDAGÓGICAS**

#### **8.5.1 Metodología Aprender Haciendo<sup>30</sup>**

Para el desarrollo de la estrategia pedagógica se utilizó la metodología “*Aprender Haciendo*” por ser la que más se ajusta al trabajo con comunidades en el tema de la educación ambiental.

Esta metodología consiste en el aprendizaje de la experiencia en grupo como una filosofía de trabajo, que parte del hecho comprobado de que la forma más eficiente de aprendizaje se hace posible mediante la experiencia, la acción, la vida, lo empírico, lo cotidiano, el entorno, la experimentación la prueba y el error.

La teoría, el saber ya acumulado, es poco eficiente y es preciso utilizarlo como un punto de contrastación, de comprobación de aseguramiento. Se aprende interrelacionando la acción y teoría, experiencia y saberes acumulados, pero para aprender la prioridad está en la acción, en la experiencia.

Para el desarrollo de esta metodología es necesario tener en cuenta los siguientes parámetros.

- ✓ La acción crea las condiciones para el aprendizaje y lo hace más efectivo y más gratificante.

---

<sup>30</sup> Carballo Roberto. Aprender Haciendo. Universidad complutense de Madrid

- ✓ Se aprende haciendo y lo aprendido se consolida y se amplia y generaliza mediante la teoría.
- ✓ Se deben tener en cuenta tres elementos entrelazados y priorizados “*la acción, el método y la teoría.*”
- ✓ El aprendizaje en la experiencia es una forma de auto-aprendizaje, de autodesarrollo, donde el método es decisivo porque lo que pretende es que las personas aprendan haciendo cosas.
- ✓ Si se aprende a trabajar en la experiencia, al mismo tiempo es necesario aprender a trabajar en grupo.

### 8.5.2 Talleres.

Durante el desarrollo del programa piloto de educación ambiental Guaduas Villa Ecológica se llevaron a cabo cuatro talleres de concienciación para los casi cuatrocientos usuarios del Servicio de Aseo. El objetivo de los talleres era incentivar la separación en la fuente de los residuos sólidos como una práctica para la conservación del medio ambiente, mediante el aprovechamiento de los residuos sólidos. Durante los talleres se trataron los siguientes temas: *Residuos Sólidos Orgánicos, Aprovechables y No Aprovechables, Separación en la Fuente de residuos sólidos domésticos, Beneficios de la separación en la Fuente (Reducir, Reutilizar y Reciclar) y Reservas Naturales.*

En las fotos 8.5, 8.6 y 8.7 se observa el desarrollo y la participación en los talleres del programa piloto de educación ambiental en los Barrios seleccionados Virreyes, Policarpa y Villa Esperanza



Foto 8. 5 Talleres Barrios Virreyes



Foto 8. 6 Policarpa y Villa Esperanza.



Foto 8. 7 Taller de concienciación

Los cuatro talleres se realizaron en los barrios Virreyes, Policarpa y Villa Esperanza seleccionados para la implementación del programa piloto, los horarios en los que se hicieron los talleres fueron en horas de la tarde para que la participación fuera masiva. Generalmente los talleres empezaban a las 6:00 pm y tenían una duración de una hora. Todos los talleres tuvieron ayudas didácticas y audiovisuales para facilitar la concienciación de las comunidades que estuvieron activas y motivadas durante todo el programa piloto de educación ambiental.

### 8.5.3 Salida de Campo.

Dentro del cronograma de actividades se programo una salida de campo a la experiencia exitosa en el manejo de residuos sólidos del municipio de Nocaima (Cundinamarca) donde opera una planta de aprovechamiento sin problemas de acumulación y el 80% de los usuarios del servicio de aseo separan en la fuente. La visita se realizo con 35 personas y duro todo el día.

En las siguientes cuatro fotos se observa el grupo que participo de la salida de campo a el municipio de Nocaima y la planta de aprovechamiento de residuos sólidos.



Foto 8. 8 Visita a experiencia exitosa



Foto 8. 9 Visita a experiencia exitosa



Foto 8. 10Entrada Planta Nocaima



Foto 8. 11Ecopuntos en el centro del M/pio

## 8.6 AYUDAS DIDÁCTICAS

La razón por la cual se utilizaron las ayudas didácticas fue para acercar a las comunidades al conocimiento y a la construcción de los conceptos para facilitar el cumplimiento de los objetivos. Para esto se utilizó el siguiente material didáctico.

### 8.6.1 Volantes

Se diseñaron y elaboraron volantes de invitación a los talleres y actividades realizados con la comunidad de los tres barrios seleccionados. Estos se entregaban un día antes de cada actividad o Taller.

### 8.6.2 Plegables

Se diseñaron y elaboraron plegables con la información sobre el desarrollo del programa piloto de educación ambiental así como definiciones de residuos sólidos y cápsulas informativas sobre protección ambiental. Este material fue entregado durante el primer Taller con la Comunidad y en el Puerta a Puerta.

### 8.6.3 Adhesivos

Se diseñaron y elaboraron adhesivos con la información de los residuos que deben ir en la bolsa amarilla (Residuos Aprovechables) y otro con la información de los residuos que deben ir en la bolsa Negra (Residuos orgánicos y no aprovechable).

### 8.6.4 Afiches

Se diseñaron y elaboraron afiches publicitarios con la separación propuesta para el programa piloto de educación ambiental y fueron pegados por todo el casco urbano del municipio y en mayor cantidad en los tres barrios seleccionados.

### 8.6.5 Bolsas plásticas

Se elaboraron bolsas plásticas con el logo del programa de color amarillo y negro de 50 x 80 cm para la separación de los residuos.

Las fotos 8.12, 8.13 y 8.14 muestran la publicidad escrita utilizada durante la ejecución del programa piloto de educación ambiental “Guaduas Villa Ecológica.”

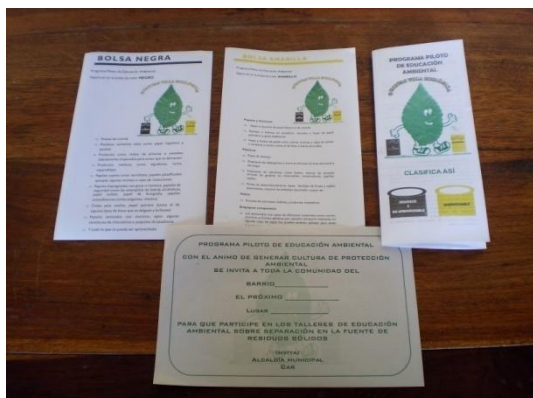


Foto 8. 12. Adhesivos, plegables y volantes



Foto 8. 13 Afiches



Foto 8. 14 Bolsas para la separación en la fuente de Residuos Sólidos

## 8.7 ENCUESTA EVALUACIÓN DEL PROGRAMA

Para evaluar el programa piloto de educación ambiental Guaduas Villa Ecológica se aplicó una encuesta al 10% de los usuarios que recibieron todo el paquete del programa, dos meses después de acabada la ejecución del mismo. Los resultados fueron los siguientes:

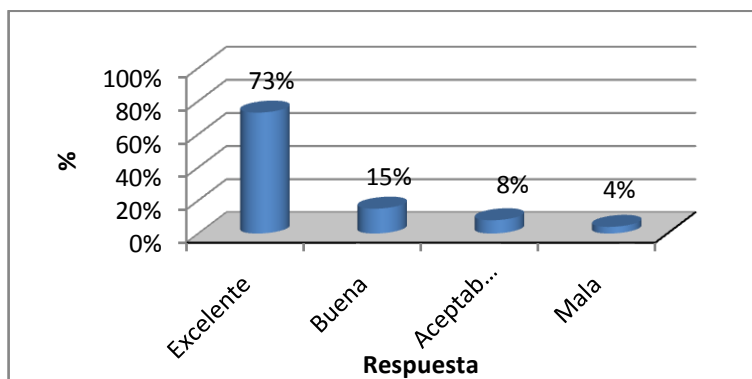


### 8.7.1 Pregunta 1

Qué opina de la idea de desarrollar el programa piloto de educación ambiental en este barrio.

- a. Excelente      b. Buena      c. Aceptable      d. Mala

Figura 8. 1. Grafica porcentajes respuestas pregunta 1 encuesta de evaluación.



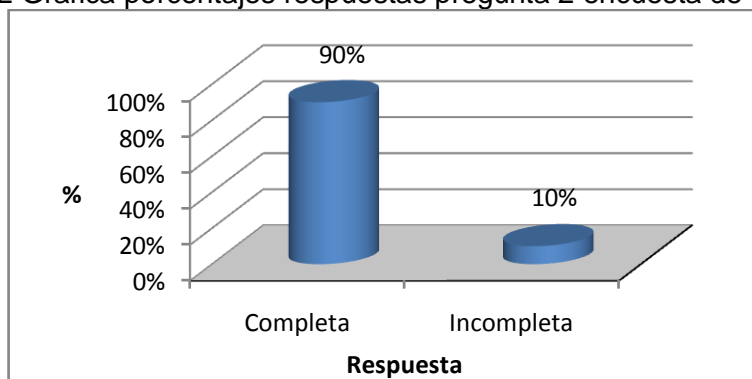
El 73% de los usuarios tomaron bien la iniciativa de realizar el programa en su barrio por lo que la participación a los talleres fue activa solo el 4% de los usuarios seleccionados considero mala la idea del programa, esto pudo ser por falta de interés de las personas que por su edad no les interesa separa en la fuente.

### 8.7.2 Pregunta 2

La información suministrada para que usted realizara la clasificación de sus residuos fue:

- a. Completa      b. Incompleta, Por que \_\_\_\_\_

Figura 8. 2 Grafica porcentajes respuestas pregunta 2 encuesta de evaluación.



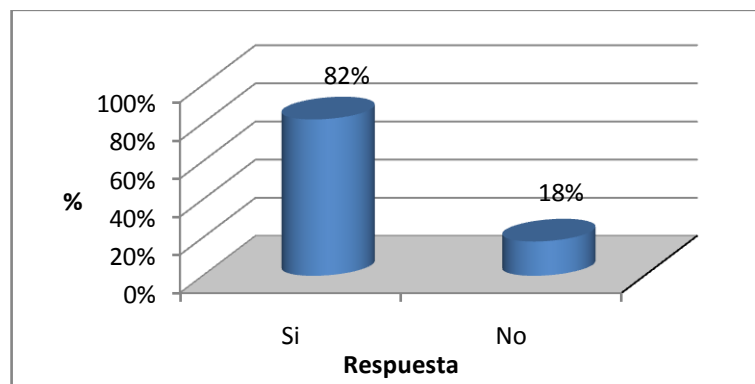
El 90% de los usuarios considero que la información en los talleres, obra de Teatro, cuñas radiales, volantes y perifoneos fue completa para el entendimiento del objetivo del programa. El restante 10% considero que los materiales utilizados fueron incompletos, este 10% se pudo presentar debido a la falta de comunicación con las juntas de acción comunal a la hora de organizar cada actividad que se llevo a cabo dentro del programa. Sn embargo, no es de preocupar pues los resultados son buenos.

### 8.7.3 Pregunta 3

Usted separa los residuos sólidos de su casa en bolsas negras y amarillas.

a. Si      b. No, por que \_\_\_\_\_

Figura 8. 3Grafica porcentajes respuestas pregunta 3 encuesta de evaluación.



El 82% después de dos meses separaba los residuos en la fuente el restante 18% no lo realizaba por qué no entendió, nunca participo de los talleres o simplemente no le interesa. Por lo que es necesario buscar método de persuasión para lograr que este 18% separe sus residuos. Algunas metodologías pedagogías como la ecopedagogia podría ser implementada para aumentar la separación en la fuente de los residuos sólidos domiciliarios.

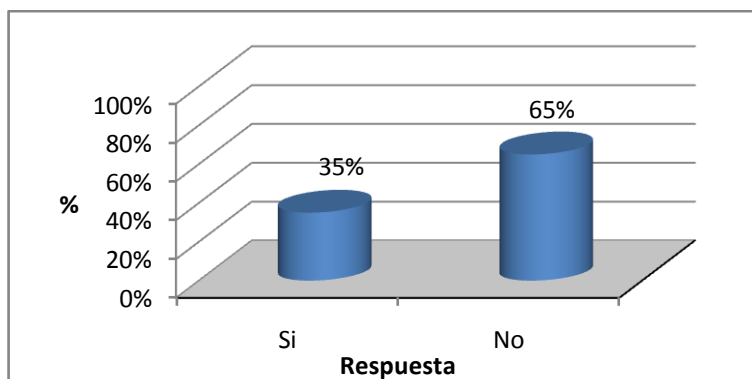
### 8.7.4 Pregunta 4

Consigue con facilidad las bolsas amarillas?

a. Si                      b. No



Figura 8. 4. Grafica porcentajes respuestas pregunta 4 encuesta de evaluación.



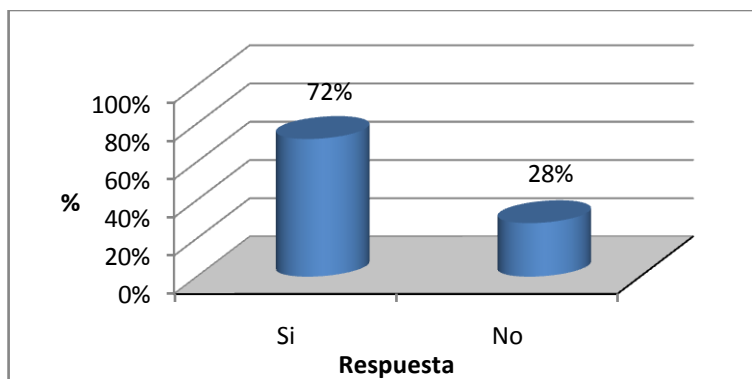
El 65% de los encuestados no consiguen con facilidad las bolsas amarillas por lo que es necesario trabajar en la comercialización de las bolsas en el comercio de la zona para que este no sea un factor negativo a la hora de separar los residuos. Para contrarrestar esta falencia antes de continuar con la sensibilización de los usuarios del servicio de aseo es necesario a través de los comerciantes del municipio traer las bolsas para que se consigan con facilidad y aun bajo costo.

#### 8.7.5 Pregunta 5

Conserva los adhesivos que se le entregaron durante el programa piloto de educación ambiental.

a. Si                      b. No

Figura 8. 5. Grafica porcentajes respuestas pregunta 5 encuesta de evaluación.



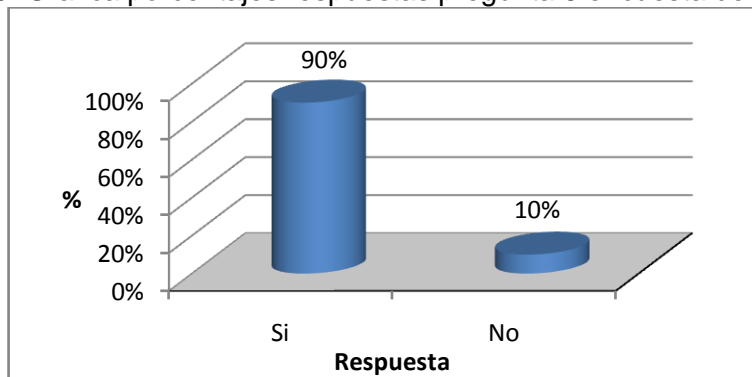
El 28% de los usuarios boto los adhesivos, se les acabo el pegante o simplemente no los pego en un lugar visible para facilitar la separación de los residuos. En cambio el restante 72% los conserva como guía para la separación de los residuos sólidos en sus casas.

### 8.7.6 Pregunta 6

Cree que los recipientes utilizados para separar son suficientes

- a. Si                      b. No, cuantos propone

Figura 8. 6. Grafica porcentajes respuestas pregunta 6 encuesta de evaluación.



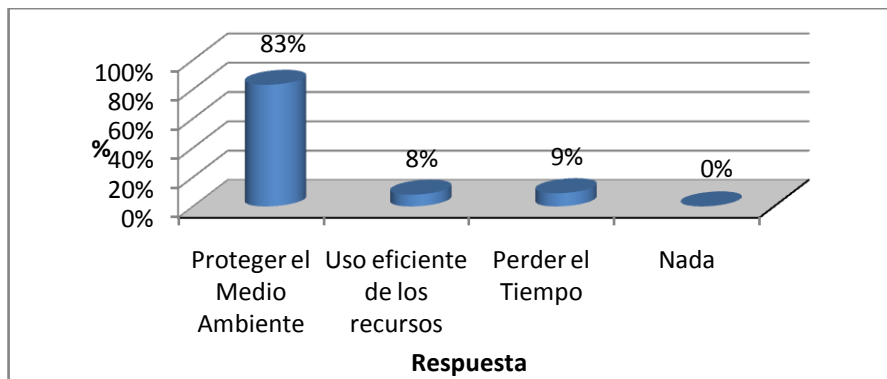
El 90% de los usuarios considera suficientes los recipientes para separar los residuos por el poco espacio que tienen las casas para ubicar mas recipientes, además si se incluyeran más seria mas tediosa la separación de los residuos y tomaría mas tiempo. el restante 10% cree que con un solo recipiente es suficiente o no le interés separar los residuos.

### 8.7.7 Pregunta 7

Usted cree que Separando los residuos sólidos en su casa, se consigue...

- a. Proteger el Medio Ambiente                      b. Uso eficiente de los recursos  
c. Perder el Tiempo                                      d. Nada

Figura 8. 7 Grafica porcentajes respuestas pregunta 7 encuesta de evaluación.



El 9% de los usuarios cree perder el tiempo cuando separar los residuos por que se confunden, no lo hacen por falta de colaboración o no quieren hacerlo para evitar comprar dos bolsas de diferentes colores.

Al realizarse la encuesta que evalúa el programa piloto de educación ambiental se demuestra que el programa fue en términos generales bien recibido por las comunidades donde se desarrollo. El inconveniente mas critico es en cuanto a la bolsa amarilla pues un 65% de los usuarios les cuesta conseguirla por lo que es necesario establecer la comercialización de la bolsa. En cuanto a los otros factores evaluados los resultados son positivos por lo que se recomienda continuar con la concienciación del resto de los usuarios del servicio de aseo.

En términos generales el programa piloto de educación ambiental Guaduas Villa Ecología fue bien recibido por los cuatrocientos usuarios del servicio de aseo donde se llevo a cabo el programa, los inconvenientes más notorios se dieron a la hora de realizar los talleres pues por falta de coordinación y colaboración de las juntas de acción comunal muchas veces la comunidad no se daba por enterada. Cabe resaltar la participación de personas mayores de 30 años dentro de las actividades pues su colaboración le dio mejores resultados al programa.

8. PROGRAMA PILOTO DE EDUCACIÓN AMBIENTAL “GUADUAS VILLA ECOLÓGICA” .....	109
8.1    Objetivos.....	109
8.1.1    General.....	109
8.1.2    Específicos .....	109
8.2    Alcances .....	109
8.3    Estructura del Programa .....	109
8.3.1    Modulo 1: Estrategia de Convocatoria.....	109
8.3.2    Modulo 2: Concienciación Ambiental.....	110
8.3.3    Modulo 3: Jornadas Prácticas. ....	111
8.4    Contenidos Programáticos mínimos .....	112
8.4.1    Taller 1: Residuos Sólidos Orgánicos, Aprovechables y No Aprovechables. ....	112
8.4.2    Taller 2: Separación en la Fuente de residuos sólidos domésticos. ....	113
8.4.3    Taller 3: Beneficios de la separación en la Fuente (Reducir, Reutilizar y Reciclar).....	113
8.4.4    Taller 4: Reservas Naturales .....	114
8.5    Estrategias Pedagógicas .....	114
8.5.1    Metodología Aprender Haciendo .....	114
8.5.2    Talleres.....	115
8.5.3    Salida de Campo. ....	116
8.6    Ayudas Didácticas .....	117
8.6.1    Volantes .....	117
8.6.2    Plegables.....	117
8.6.3    Adhesivos.....	117
8.6.4    Afiches.....	117
8.6.5    Bolsas plásticas.....	117
8.7    Encuesta Evaluación del programa .....	118
8.7.1    Pregunta 1 .....	119
8.7.2    Pregunta 2.....	119
8.7.3    Pregunta 3.....	120
8.7.4    Pregunta 4.....	120
8.7.5    Pregunta 5.....	121
8.7.6    Pregunta 6.....	122
8.7.7    Pregunta 7 .....	122

### **Lista de figuras**

Figura 8. 1. Grafica porcentajes respuestas pregunta 1 encuesta de evaluación.	119
Figura 8. 2 Grafica porcentajes respuestas pregunta 2 encuesta de evaluación.	119
Figura 8. 3Grafica porcentajes respuestas pregunta 3 encuesta de evaluación.	120
Figura 8. 4. Grafica porcentajes respuestas pregunta 4 encuesta de evaluación.	121
Figura 8. 5. Grafica porcentajes respuestas pregunta 5 encuesta de evaluación.	121
Figura 8. 6. Grafica porcentajes respuestas pregunta 6 encuesta de evaluación.	122
Figura 8. 7 Grafica porcentajes respuestas pregunta 7 encuesta de evaluación.	122

## Lista de fotos

Foto 8. 1 Presentación obra de Teatro	Foto 8. 2 Concurso de Logo.....	111
Foto 8. 3 Grupo GESMA	Foto 8. 4 Puerta a Puerta.....	112
Foto 8. 5 Talleres Barrios Virreyes	Foto 8. 6 Policarpa y Villa Esperanza.....	115
Foto 8. 7 Taller de concienciación .....		116
Foto 8. 8 Visita a experiencia exitosa	Foto 8. 9 Visita a experiencia exitosa...	116
Foto 8. 10Entrada Planta Nocaima	Foto 8. 11Ecopuntos en el centro del M/pio	117
Foto 8. 12. Adhesivos, plegables y volantes	Foto 8. 13 Afiches.....	118
Foto 8. 14 Bolsas para la separación en la fuente de Residuos Sólidos .....		118

## 9. CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de la situación actual técnico operativa a través de la descripción del funcionamiento administrativo y operativo, análisis fisicoquímico de lixiviados y cuerpos hídricos, caracterización física y química de residuos sólidos, pruebas de infiltración y estudio de tiempos y movimientos. Analizando el diagnóstico se puede establecer que actualmente la PMIRS presenta deficiencias técnicas y operativas en el área de descargue, separación y aprovechamiento.
- El área de descargue y separación de la PMIRS es una de las que presenta más deficiencias operativas. La separación de los residuos es muy lenta lo que genera acumulación a la intemperie de residuos y posteriormente lixiviados, el aprovechamiento los residuos no es bueno por lo que la planta no se financia sola.
- En el área de compostaje y lombricultura no se monitorea ningún parámetro (tamaño de partículas, humedad, temperatura, pH, tiempo de producción) en el proceso de producción de humus, razón por la cual la calidad del mismo no se garantiza para hacer recuperación de ningún tipo de suelo.
- Las bodegas de almacenamiento de residuos aprovechables no son suficientes y están en mal estado estructural razón por la cual se acumulan los residuos a la intemperie, además el acceso es difícil para los vehículos que transporta el material para ser comercializado.
- Los operarios de la PMIRS realizan movimientos innecesarios que demoran los procedimientos de operación dentro de la misma por falta de manuales de operación que describan los procedimientos y por el estado actual de la planta que no permite ser operada eficientemente.
- Dentro de la propuesta se formularon dos alternativas de optimización técnico operativa para la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos en el Municipio de Guaduas Cundinamarca con base en los lineamientos propuestos en el RAS 2009 título F, el decreto 1713 de 2002, guías ambientales del ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial y documentación técnica de la CEPIS entre otros documentos técnicos.
- A través de un estudio de prefactibilidad técnica y operativa se evaluaron las dos alternativas propuestas dando como resultado la selección de la alternativa número 1, para ser desarrollada en el municipio de Guaduas por ser la más viable técnica, operativa, ambiental y económicamente.

- Para que la planta sea eficiente operativa y económicamente es necesario invertir 674.542.256 que pueden ser obtenidos de partidas presupuestales municipales y departamentales. Esta inversión es recuperable a mediano plazo con la comercialización del material aprovechable inorgánico y el humus, siempre y cuando se realice un plan comercial.
- La solución más práctica para el manejo de los residuos sólidos en la PMIRS de Guaduas es utilizando el Horno incinerador convertido a gas. Con esto se evita la disposición en el relleno sanitario de La Dorada (Caldas).
- El aprovechamiento de residuos sólidos es más eficiente económica y ambientalmente para cualquier municipio de Colombia y puede reemplazar en gran medida los rellenos sanitarios y botaderos de basuras.
- Siempre que se formule una solución a problemáticas de carácter ambiental es necesario evaluarla técnica, económica, ambiental y socialmente para que tenga viabilidad y argumentos para ser desarrollada en el marco del desarrollo sostenible.
- El funcionamiento eficiente de cualquier tipo de aprovechamiento de residuos sólidos domiciliarios debe ir acompañado de concienciación ambiental de las comunidades que generan los residuos para que el porcentaje de aprovechamiento permita la sostenibilidad de las mismas.
- La experiencia de la concienciación ambiental de comunidades debe ser acompañada por metodologías pedagógicas que permitan desarrollar la separación en la fuente como un hábito y no como una obligación de los usuarios del servicio de aseo en el municipio.
- El trabajo pedagógico puede ser enriquecedor para las comunidades en la medida que se apropien de los procesos de participación ambiental en cada barrio del municipio y generen responsabilidad ambiental individual que puede empezar por los más pequeños.



## 10. RECOMENDACIONES

- La optimización de la Planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos del municipio de Guaduas debe ser optimizada en menos de un año para que pueda ofrecer un buen servicio a la comunidad y el medio ambiente.
- Para garantizar la comercialización y financiación de la planta se puede realizar un programa de mercadeo del humus solido de lombriz, humus liquido y del material aprovechable que se genera en la planta.
- Teniendo en cuenta que la comercialización del humus es el producto que más ingresos generar en la PMIRS es recomendable gestionar y obtener el registro ICA para que su calidad sea certificada y permita una comercialización rápida y económicamente viable.
- Después de optimizada la PMIRS y entrada en operación es necesario formular e implementar un programa de Seguridad y Salud Ocupacional para garantizar las condiciones de trabajo de los operarios de la misma.
- Una de las oportunidades más importante que tiene la planta es la posibilidad de solicitar una licencia ambiental y prepararse para la incineración de residuos peligroso teniendo en cuanto todo los beneficios económicos que esto puede generar a la PMIRS.
- Continuar con la concienciación ambiental de los demás barrios de la cabecera municipal y las inspecciones de policía para garantizar la eficiencia de la planta y disminuir la contaminación que genera la acumulación de residuos salidos dentro y fuera de la PMIRS.
- Después de ser optimizada la PMIRS de Guaduas debe ser entregada por el mecanismo más idóneo que la ley lo permita a un operador privado que se encargue de su funcionamiento para garantizar su eficiencia. Pues la administración municipal a través de los últimos cinco años ha demostrado no ser buen operador de la misma.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. TCHOBANOGLOUS, George; THEISEN, Hilary y A-VIGIL, Samuel. Gestión integral de residuos sólidos. McGraw Hill, 2002. 170 a 784 p.
2. BRAJA, Des. Principios de ingeniería de cimentaciones Thomson, 2006. 85 a 93 p.
3. SULLIVAN, William; WICKS, Elin. Ingeniería económica DeGarmo. Pearson. 160 a 162. 492 a 494 p.
4. OFICINA INTERNACIONAL DEL TRABAJO. Introducción al estudio del trabajo. OIT. Ginebra
5. COLOMBIA. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. VICEMINISTERIO DE AGUA Y SANEAMIENTO. Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico y ambiente RAS. Bogotá. 2009.
6. CENTRO PANAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES. Método sencillo del análisis de residuos sólidos. CEPIS.
7. ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD Y ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Manual para la elaboración de compost bases conceptuales y procedimientos. OPS. 1999.
8. MÉXICO. SECRETARIA DE EDUCACIÓN PÚBLICA. Manual de Lombricultura. Chiapas. SEP. 2008.
9. CASTILLO RÍOS, Carlos Julio. Elaboración de compost en Manzales a partir de residuos orgánicos urbanos. Universidad de Caldas. Manzales 2006. 1 a 5 p.
10. MINISTERIO DE AMBIENTE VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. Guía para elaborar el plan de gestión integral de residuos sólidos. Bogotá. MAVDT. 2005.
11. UNIVERSIDAD DEL VALLE. Caracterización de tecnologías para el manejo integral de residuos sólidos. CINARA. Santiago de Cali. 2006. 6 a 15 p.

12. CARBALLO, Roberto. Aprender haciendo. Aproximación a los espacios de aprendizaje basados en la acción, la experiencia y el grupo de trabajo y aplicaciones prácticas. Universidad compútense de Madrid. 2007.
13. CORPORACIÓN SUNA HISCA. Plan de gestión integral de residuos sólidos PGIRS del municipio de Guaduas Cundinamarca. Guaduas. 2007.
14. RIED LUCI, Andrés. Escuela nols y la educación por la experiencia. NOLS Patagonia. 2006
15. ALCALDÍA DE GUADUAS. Plan Básico de Ordenamiento Territorial del municipio de Guaduas Cundinamarca. 2000

# **MANUAL DE OPERACIÓN**

**PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS  
(PMIRS)**

**MUNICIPIO DE GUADUAS  
CUNDINAMARCA**

## CONTENIDO

1	GENERALIDADES .....	128
2	ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y OPERACIONAL .....	128
3	DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y VEHÍCULO RECOLECTOR .....	130
3.1	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE LA PMIRS..	130
3.1.1	Banda Transportadora.....	130
3.1.2	Compactadora .....	131
3.1.3	Trituradora Ramonerre Modelo D-10.....	132
3.1.4	Bobcat 753 .....	133
3.1.5	Tamiz.....	134
3.1.6	Báscula.....	134
3.1.7	pH-metro.....	135
3.1.8	Termómetro .....	136
3.2	RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE EQUIPOS.....	137
3.3	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO RECOLECTOR....	139
3.3.1	Especificaciones técnicas chasis camión Chevrolet.....	140
3.3.2	Especificaciones caja recolectora compactadora .....	141
3.4	RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DEL VEHÍCULO RECOLECTOR. ....	142
3.5	DESPLAZAMIENTOS DE LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES DENTRO DE LA PMIRS.....	144
4	PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN.....	144
4.1	HORARIOS Y TURNOS DE TRABAJO.....	144
4.2	FUNCIONES DE OPERARIOS Y SUPERVISOR.....	145
4.3	DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN EN LA PMIRS .....	148
4.3.1	Área descargue y separación .....	148
4.3.2	Área de almacenamiento de material aprovechable.....	150
4.3.3	Área de compostaje.....	152
4.3.4	Área de lombricompostaje .....	155
4.3.5	Área de almacenamiento de humus .....	157
4.3.6	Horno incinerador .....	158
4.4	CONTROL DE PLAGAS Y VECTORES.....	159
5	FORMATOS DE REGISTROS .....	160

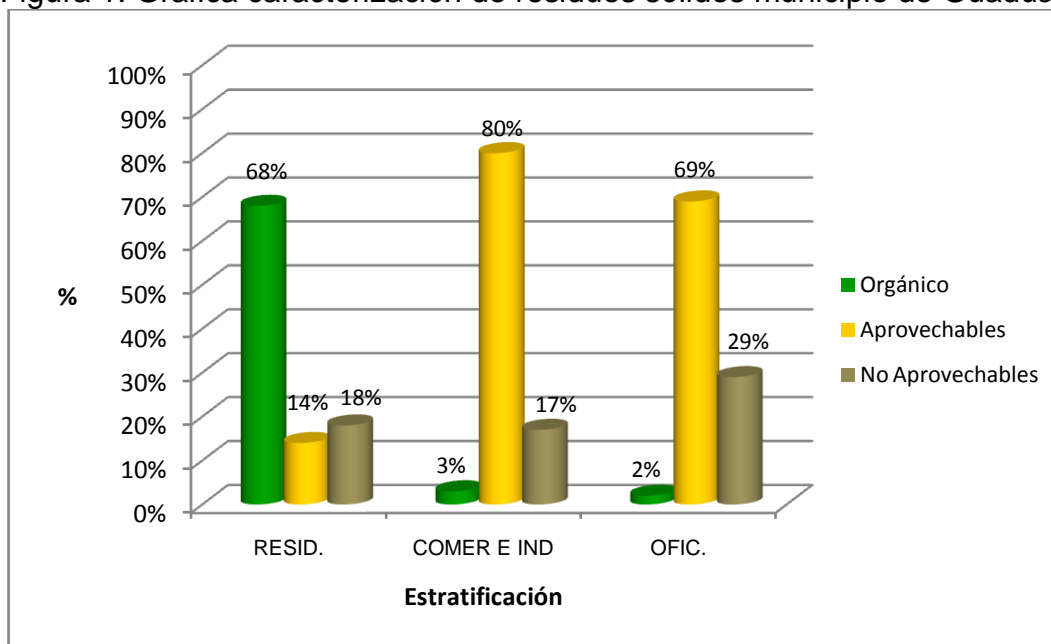
5.1	ENTRADA DE RESIDUOS .....	160
5.2	SALIDA DE MATERIAL APROVECHABLE .....	161
5.3	SEGUIMIENTO COMPOST .....	162
5.4	SEGUIMIENTO HUMUS .....	163
5.5	MATERIAL INCINERADO .....	164

## 1 GENERALIDADES

Actualmente la PMIRS recibe 356 ton/mes de residuos residenciales, 43 ton/mes de residuos comerciales e institucionales y 8 toneladas mes de residuos oficiales para un total de 407 ton/mes en promedio. Estos residuos sólidos son generados en la cabecera municipal, las inspecciones de Puerto Bogotá, La Paz, Guaduro y las áreas pobladas de El Alto del Trigo y La Cabaña. A la planta de Guaduas no son transportados residuos de municipios vecinos.

Las características físicas de los residuos que se generan en el municipio son: para el caso de los residuos residenciales 68% orgánicos, 14% aprovechables y 18% No aprovechables, los residuos comerciales e industriales 3% orgánicos, 80% aprovechables y 17% No aprovechables y por último los residuos oficiales 2% orgánicos, 69% aprovechables y 29% No aprovechables. En la figura 1 se muestra la composición física de los residuos del municipio.

Figura 1. Grafica caracterización de residuos sólidos municipio de Guaduas



FUENTE: Los Autores

## 2 ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA Y OPERACIONAL

Para garantizar la financiación y operatividad de la planta de reciclaje del municipio es importante tener definida la estructura administrativa y operativa para garantizar el desempeño de la misma y así evitar inconvenientes legales, económicos y operativos. En las siguientes figuras se muestran los organigramas tanto operativos como administrativos de la planta.

Figura 2. Organigrama Administrativo de la PMIRS.

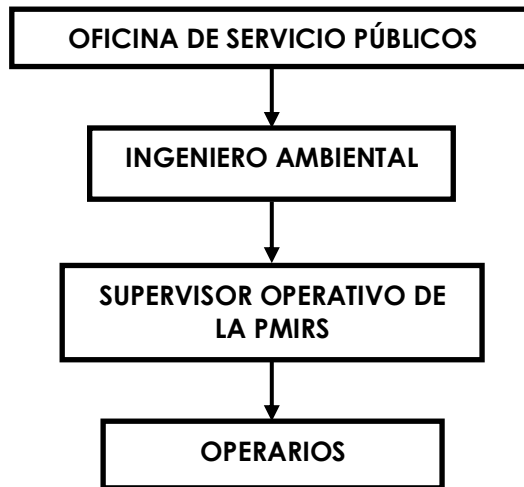
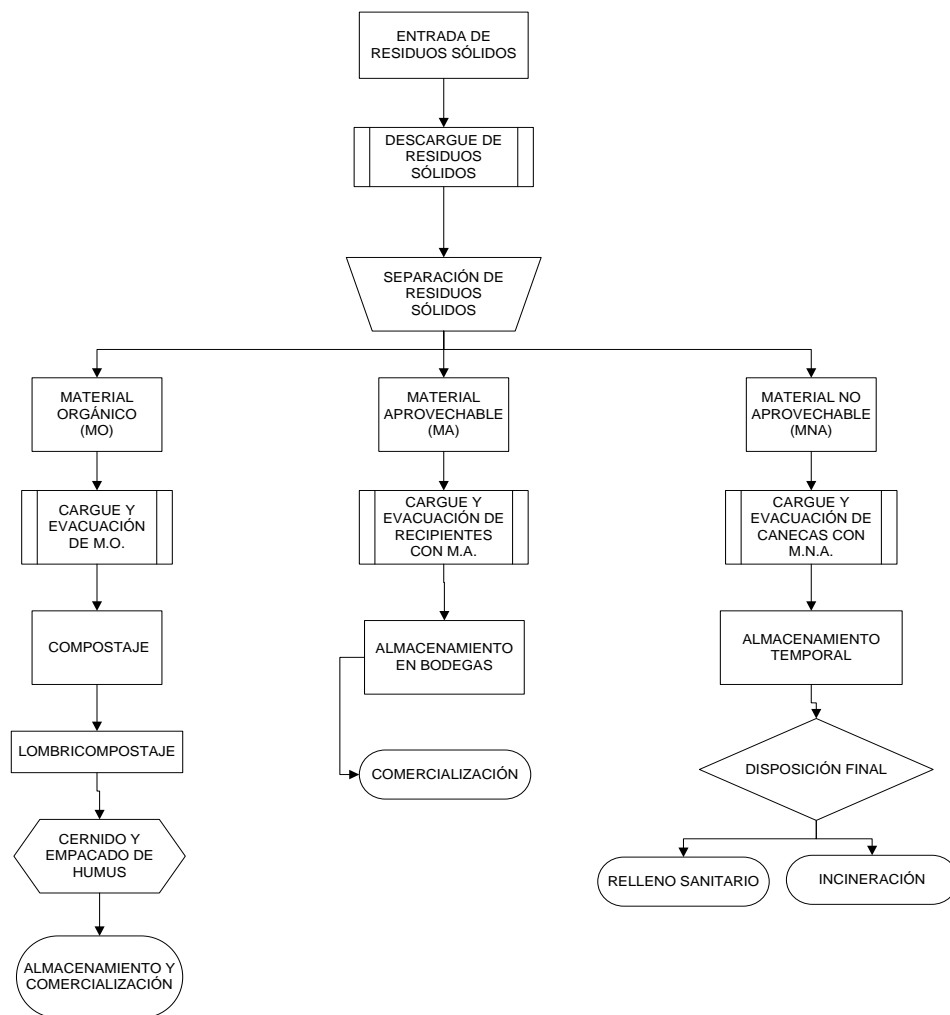


Figura 3 Diagrama de flujo de los procesos de la PMIRS.





### 3 DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS Y VEHÍCULO RECOLECTOR

Los equipos y vehículos de la PMIRS contienen elementos modernos que en caso de averías es necesario reemplazar por los mismos para garantizar su eficiencia por esta razón es necesario conocer sus especificaciones técnicas y para entender su funcionamiento. El cuadro 1 relaciona los equipos por área de trabajo.

CUADRO 1 Cuadro equipos por área de trabajo

ÁREA DE TRABAJO	EQUIPO
Descargue y separación	Banda Transportadora
Bodegas de almacenamiento de material aprovechable	Compactadora
Compostaje	Trituradora Bobcat 753 pHmetro hidrómetro
Bodegas de almacenamiento de humus	Tamiz
Entrada a la PMIRS	Bascula

#### 3.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS DE LA PMIRS

##### 3.1.1 Banda Transportadora

En la foto 1 se observa un modelo de banda para implementar en la planta y en el cuadro 2 se relacionan sus características técnicas.



FOTO 1. Banda Transportadora  
FUENTE: RAMONERRE

CUADRO 2. Especificaciones técnicas banda transportadora

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Longitud	20 m
Ancho	27 1/4"
Chasis recto	Conformado en lámina de acero al carbono Cal.12, de 5 1/4" (133.35mm) de altura con dos

	distanciadores atornillados. Ancho del chasis de 27-1/4" (921mm)
Unidad motriz	De Extremo
Unidad tensora	de Extremo
Banda transportadora	Caucho
Guarda	En canal recta
Altura de la banda	1.45m
Superficie	Lisa en caucho
soportes	Tipo R 27 (87 – 132) cm para aplicación que no pasen de 5.8' de altura estos se fabrican en dos secciones de perfil R conformada en la mina de acero al carbono calibre 16 que se acoplan de manera telescópica y se unen mediante tornillos, con un rango de altura entre 87 y 132 cm . En la parte superior se ensambla una platina ecualizable para permitir la perpendicularidad del soporte respecto al piso.
Unidad de accionamiento	Se compone de una unidad motriz de extremo de 225 libras de tensión, una unidad tensora de extremo para ayudar en la alineación y tensión de la banda, motoreductor de 1.8 hp de 30 rpm, control eléctrico, variador de velocidad y toma.

### 3.1.2 Compactadora

En las siguientes fotos observamos el modelo de compactadora que sera utilizado en la planta y en el cuadro 3 estan sus caracteristicas tecnicas.



FOTO 2 Compactadora      FOTO 3 Compactadora  
FUENTE: RAMONERRE

**CUADRO 3. Especificaciones técnicas equipo compactador**

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Fuerza de compactación	10 ton
Potencia del motor	5 H.P.
Cilindro hidráulico	Ø 3"
Carrera cilindro	900 mm
Conexión eléctrica	220 VAc
Tiempo de ciclo en vacío	47 seg
Accionamiento	manual
Expulsión de paca	Por accionamiento hidráulico
Dimensiones boca de carga	800 mm x 522 mm
Medidas de la bala	800 mm x 600 mm x variable (600 mm a 1000 mm)
Dimensiones de la maquina ancho-profundo-alto	900 mm x 725 mm x 2968 mm

### 3.1.3 Trituradora Ramonerre Modelo D-10

En la foto 4 se observa el modelo Trituradora Ramonerre para implementar en la planta y en el cuadro 4 se relacionan sus características técnicas.



**FOTO 4 Trituradora de material orgánico**  
FUENTE: RAMONERRE

**CUADRO 4. Especificaciones técnicas Trituradora**

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Capacidad hasta	441Lbs./hora (200 Kg/hora)
Tamaño de las partículas	por definir
Cámara de destrucción	10" x 16" de ancho
Sistema de corte	cinco (5) cuchillas (3 rotatorias / 2 fijas)
Apertura de alimentación	10" x 16"
Motor	10 HP, 220 V, 3 fases, 60 Hz
Dimensiones	62" Alto x 28.5" Ancho x 42" Profundo
Peso	1000 Lbs. (453 Kg)
Generalidades	El desintegrador modelo D-10 está equipado con una tolva superior que puede aceptar materiales directamente de canastas de basura, montado

	sobre una base con patas altas para colocar un contenedor debajo para recoger el material destruido
--	---

### 3.1.4 Bobcat 753

En las fotos 5 y 6 se observa el modelo existente de Bobcat con el que se realizan las actividades del compostaje y la movilización de residuos en la planta y en el cuadro 5 se relacionan sus características técnicas.



FOTO 5 Semicargador Bobcat 753



FOTO 6 Bobcat 753

FUENTE: los Autores

CUADRO 5. Especificaciones técnicas BOBCAT 753

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Ancho de la maquina	137 cm (7.0 x 15 -- 6 lonas)
Asiento	con suspensión, Cinturón de seguridad, Barra de asiento
Hidráulica auxiliar delantera	activada eléctricamente
Ventanas	superior y trasera
Luces de trabajo	delanteras y traseras
Ventanas laterales	Delantera y trasera
Freno	de estacionamiento
Chasis	Bob--Tach
Escape	Apaga--chispas
Autonivel del cucharón	
Bujías	incandescentes automáticas
Instrumentación	Cuenta horas, temperatura del motor
Tablero	Testigo de combustible y luces de aviso
Generalidades	Apagado del motor, BICS Certificación CE, Tope de los brazos de elevación y Conjunto de ruedas con neumáticos

### 3.1.5 Tamiz

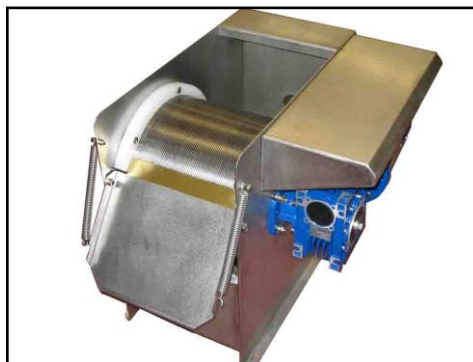


FOTO 7. Tamiz fino

CUADRO 6. Especificaciones técnicas tamiz

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Ancho de la maquina	1.2cm
Malla	0.15 – 0.3 mm
Motor	0.5 hp
Capacidad	0.4m <sup>3</sup> /h

### 3.1.6 Báscula

En las fotos 7 y 8 se observa el modelo bascula para implementar en la planta y en el cuadro 6 se relacionan sus característica técnicas.



FOTO 7. Bascula metálica



FOTO 8 Indicador Digital

FUENTE: Pagina Web Basculas Thomas



**CUADRO 7. Especificaciones técnicas Bascula Metálica.**

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Celdas de carga	Marca UTILCELL
Indicador digital	Acero inoxidable APOLO ISO 9001
Caja sumatoria de conexión entre celdas	Plástica para evitar oxidación y cortos circuitos
Cableado de conexión	Celdas hasta el indicador digital
Soportes auto centrantes	Acero estructural de gran resistencia
Plataforma	Con sus módulos estructurales en VIGAS IPE
Indicador digital	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Tiene batería recargable y el ISO 9001 igual que el ISIS.</li> <li>➤ Display LCD de 6 dígitos (24 mm de altura).</li> <li>➤ 10.000 divisiones en el display.</li> <li>➤ Resolución de 10/20 KG.</li> <li>➤ Gabinete en acero inoxidable NEMA 4X.</li> <li>➤ Comunicación RS-232 bidireccional para conectar una impresora o un computador.</li> <li>➤ Totaliza las pesadas del día.</li> <li>➤ Consecutivo de las pesadas del día.</li> <li>➤ Configuración y calibración totalmente digital con destare automáticos.</li> <li>➤ Alimentación de 110 voltios a 12 voltios, batería interna o externa.</li> <li>➤ Batería recargable, se entrega el cargador de batería.</li> <li>➤ Linealidad 0,01% de FE</li> </ul>

### 3.1.7 pH-metro

En las fotos 9 y 10 se observa el modelo pH-metro para implementar en la planta y en el cuadro 7 se relacionan sus característica técnicas.



FOTO 9. pH-metro



FOTO 10. Uso del pH-metro

FUENTE: PAGINA WEB PROVEEDOR

CUADRO 8. Especificaciones técnicas pH-metro

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Rangos de medición	0,00...14,00 pH
Resolución	0,01 pH
Precisión	±0,07 pH (en un rango de 5 ... 9 pH) ±0,1 pH (en un rango de 4 ... 4,9 y 9,1 ... 10 pH) ±0,2 pH (en un rango de 1 ... 3,9 y 10 ... 13 pH)
Calibración	automática, a través de las soluciones de calibración con un valor de pH de 4, 7 o 10
Electrodo	electrodo pH para penetrar en la tierra
Alimentación	4 x batería 1,5 V AAA
Condiciones ambientales	0 ... +60 °C / <80 % H.r.
Dimensiones	180 x 40 mm
Peso	220 g
Generalidades	Resistente al agua (IP 67) electrodo de medición externo especial con cable Alta precisión Desconexión automática para proteger la batería El envío incluye las soluciones de calibración

### 3.1.8 Termómetro

En la foto 11 se observa el modelo de termómetro para implementar en la planta y en el cuadro 8 se relacionan sus característica técnicas.



FOTO 11. Termómetro

FUENTE: PAGINA WEB PROVEEDOR

CUADRO 9. Especificaciones técnicas Termómetro

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Sonda	Acero inoxidable
Rango	-10° C -110° C
Longitud	1 m
peso	85 g

### 3.2 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE EQUIPOS.

A través del mantenimiento preventivo se pueden detectar posibles defectos en el funcionamiento de los equipos y aplicar las medidas económicas y operativas correctivas antes de que se produzcan averías o emergencias.

#### ***Banda transportadora***

- ✓ Inspección diaria de todos los comandos eléctricos de iluminación, señalización señales luminosas del panel
- ✓ Inspección diaria de tuberías y mangueras revisando posibles fugas, ajustando las conexiones si fuere necesario
- ✓ Limpieza
- ✓ Revisión y lubricación semanal con grasa
- ✓ Lubricación semanal con aceite de maquina SAE20 de todas las articulaciones
- ✓ Sustitución de partes
- ✓ Revisión estructura metal-mecánica.
- ✓ Revisión sistema hidráulico.
- ✓ Revisión sistema eléctrico.
- ✓ Revisión sistema neumático.
- ✓ Revisión estado de la pintura.
- ✓ Revisión accesorios o dispositivos.
- ✓ Revisión funcionamiento general del equipo

#### ***Compactadora***

- ✓ Inspección diaria de todos los comandos eléctricos de iluminación, señalización señales luminosas del panel
- ✓ Inspección diaria de tuberías y mangueras revisando posibles fugas, ajustando las conexiones si fuere necesario
- ✓ Limpieza
- ✓ Revisión y lubricación semanal con grasa
- ✓ Lubricación semanal con aceite de maquina SAE20 de todas las articulaciones
- ✓ Sustitución de partes



- ✓ Revisión estructura metal-mecánica.
- ✓ Revisión sistema hidráulico.
- ✓ Revisión sistema eléctrico.
- ✓ Revisión sistema neumático.
- ✓ Revisión estado de la pintura.
- ✓ Revisión accesorios o dispositivos
- ✓ Revisión funcionamiento general del equipo

### ***Trituradora***

- ✓ Inspección diaria de todos los comandos eléctricos de iluminación, señalización señales luminosas del panel
- ✓ Inspección diaria de tuberías y mangueras revisando posibles fugas, ajustando las conexiones si fuere necesario
- ✓ Limpieza
- ✓ Revisión y lubricación semanal con grasa
- ✓ Lubricación semanal con aceite de maquina SAE20 de todas las articulaciones
- ✓ Sustitución de partes
- ✓ Revisión estructura metal-mecánica.
- ✓ Revisión sistema hidráulico.
- ✓ Revisión sistema eléctrico.
- ✓ Revisión sistema neumático.
- ✓ Revisión estado de la pintura.
- ✓ Revisión accesorios o dispositivos
- ✓ Revisión funcionamiento general del equipo

### ***Bobcat 753***

- ✓ Lavado semanal
- ✓ Inspección diaria de todos los comandos eléctricos de iluminación, señalización señales luminosas del panel
- ✓ Cambio de filtros según horas de operación
- ✓ Cambios de aceite según horas de trabajo
- ✓ Inspección diaria de tuberías y mangueras revisando posibles fugas, ajustando las conexiones si fuere necesario
- ✓ Limpieza
- ✓ Revisión y lubricación semanal con grasa
- ✓ Lubricación semanal con aceite de maquina SAE20 de todas las articulaciones
- ✓ Sustitución de partes
- ✓ Revisión estructura metal-mecánica.
- ✓ Revisión sistema hidráulico.
- ✓ Revisión sistema eléctrico.
- ✓ Revisión sistema neumático.
- ✓ Revisión estado de la pintura.

- ✓ Revisión accesorios o dispositivos
- ✓ Revisión funcionamiento general del equipo

### ***Tamiz***

- ✓ Inspección diaria de todos los comandos eléctricos de iluminación, señalización señales luminosas del panel
- ✓ Inspección diaria de tuberías y mangueras revisando posibles fugas, ajustando las conexiones si fuere necesario
- ✓ Limpieza
- ✓ Revisión y lubricación semanal con grasa
- ✓ Lubricación semanal con aceite de maquina SAE20 de todas las articulaciones
- ✓ Sustitución de partes
- ✓ Revisión estructura metal-mecánica.
- ✓ Revisión sistema hidráulico.
- ✓ Revisión sistema eléctrico.
- ✓ Revisión sistema neumático.
- ✓ Revisión estado de la pintura.
- ✓ Revisión accesorios o dispositivos
- ✓ Revisión funcionamiento general del equipo

### ***Bascucula***

- ✓ Inspección diaria de todos los comandos eléctricos de iluminación, señalización señales luminosas del panel
- ✓ Inspección diaria de tuberías y mangueras revisando posibles fugas, ajustando las conexiones si fuere necesario
- ✓ Limpieza
- ✓ Revisión y lubricación semanal con grasa
- ✓ Lubricación semanal con aceite de maquina de todas las articulaciones
- ✓ Sustitución de partes
- ✓ Revisión estructura metal-mecánica.
- ✓ Revisión sistema eléctrico.
- ✓ Revisión accesorios o dispositivos
- ✓ Revisión funcionamiento general del equipo

## **3.3 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL VEHÍCULO RECOLECTOR.**

Para la recolección de los residuo sólidos en el municipio se utiliza el vehículo compactador Isuzu modelo 2009 que aparece en la foto 12, sus especificaciones técnicas se describen a continuación por partes del camión en las tablas 9, 10, 11, 12 y 13.



FOTO 12 Vehículo recolector Mod. 2009  
FUENTE: LOS AUTORES

### 3.3.1 Especificaciones técnicas chasis camión Chevrolet.

CUADRO 10. Especificaciones Técnicas Motor

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Motor	6HE1-TCS
Tipo	Turbocargado Postenfriado
Desplazamiento	7127 c.c
No. Cilindros	6 en línea
Posición	Longitudinal
Potencia Neta (Din) [hp @ rpm]	227 @ 2500
Torque Neto (Din) [kgm @ rpm]	68 @ 1500
Relación Compresión	16,9 : 1
Diam. X Carrera	110X125
Alimentación	Comando electrónico TICS
Filtro de aire	Doble elemento con prefiltro Donalson
Combustible	Diesel

CUADRO 11. Especificaciones Técnicas de Pesos Y Capacidades

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Peso Bruto Vehicular	16000 Kg
Peso vacío adelante	2855 Kg
Peso vacío atrás	2130 Kg
Peso Vacío Total	4985 Kg
Capacidad de Carga	11015 Kg
Tanque de Combustible	200 Lts

CUADRO 12. Especificaciones técnicas transmisión

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Tipo	Mecánica de 6 velocidades MLD6Q
Embrague	Hidráulico asistido por aire monodisco sin asbesto, 380 mm
Palanca de Cambios	Al piso

Relaciones	1 <sup>a</sup>	6,720
	2 <sup>a</sup>	4,244
	3 <sup>a</sup>	2,580
	4 <sup>a</sup>	1,540
	5 <sup>a</sup>	1.000
	6 <sup>a</sup>	0,763
	Rev	6,823
Relación Eje		6,429 (primeras 15 und) / 6,833

**CUADRO 13. Especificaciones técnicas chasis**

DESCRIPCIÓN			ESPECIFICACIÓN
Dirección			Tuerca recirculante con servomecanismo integral
Radio mínimo de giro			10,22
Suspensión	Delantera y trasera		Gemela de resortes de laminas de aleación de acero semielípticas
	Amortiguadores		Telescopico de doble acción adelante
	Cap suspensión Del		6000 kg
	Cap suspensión Tra		11000 kg
	Delantera	Eje	Reversed Elliot
		Cap	6000 kg
	Trasera	Eje	Totalmente Flotante
Cap		11000 kg	
Número de Ejes			2
Bastidor	Material		JISSAPH440
	Tipo		Sección de canal tipo escalonado con refuerzo
	Res fluencia		28 kg/mm <sup>2</sup>
	Res Tensión		45 kg/mm <sup>2</sup>
	Elongación en 2"		22%
	Modulo de Sección Detrás		755,000 mm <sup>3</sup>
	Dimensiones		258 x 85 x 10 mm Ref 4,5mm
Frenos	Tipo		100% Aire, doble circuito y leva tipo S
	Delanteros		Banda Campana
	Traseros		Banda Campana
	De Mano		Neumático sobre ruedas traseras
	De Motor		Mariposa sobre tubo de escape
Llantas			10,00x20 16PR
Rines			20 X 7,0T

### 3.3.2 Especificaciones caja recolectora compactadora

**CUADRO 14. Especificaciones técnicas caja recolectora compactadora**

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Marca	RAMONERRE
Modelo	RE1-2000
Capacidad cuerpo	16 yardas cubicas (12,23 m <sup>3</sup> )

Material caja	Acero
Geometría de la caja	Paredes laterales y techo en forma elíptica
Lados parte delantera	Calibre 3.03 mm. – 50.000 psi
Lados parte trasera	Calibre 4.76 mm – 50.000 psi
Techo parte delantera	Calibre 3.03 mm – 50.000 psi
Techo parte trasera	Calibre 4.76 mm – 50.000 psi
Piso	Calibre 4.76 mm – 50.000 psi
Material tolva	Acero
Lados	Parte inferior calibre 4.76 mm -50.000 psi Parte superior calibre 3.03 mm-50.000 psi
Piso	Calibre 6.35 mm – 100.000 psi
Placa compactadora	Calibre 4.76 mm - 50.000 psi
Placa barredora	Calibre 4.76 mm- 50.000 psi
Compactación	Hidráulica
Bomba hidráulica	25 gpm
Cilindros compactadores	Dos (2) de 4 pulgadas
Cilindros barredores	Dos (2) de 4 pulgadas
Cilindros levanta tolva	Dos (2) de 3.5 pulgadas
Cilindro de descarga	Uno (1) telescopio de 5 pulgadas
Presión de operación	2.000 psi
Cargue	Trasero
Capacidad de la tolva	2.5 yardas cubicas
Fuerza de compactación	22.000 kgs
Peso de la caja vacía	4.480 kgs
Plataformas de tripulación	Dos (2) localización trasera
Controles de cargue y Compactación	Mandos manuales
Tanques de lixiviados	Tres (3) con capacidad total de 50 galones
Sistema de seguridad	Señales sonoras en ambos lados de la tolva para comunicación entre los operarios y el conductor
Pintura	Base anticorrosiva acabado color blanco

### 3.4 RUTINAS DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DEL VEHÍCULO RECOLECTOR.

Además de seguir detalladamente las instrucciones de operación incluidas en los manuales de operación entregados por el proveedor del vehículo se deben realizar estrictamente las rutinas de mantenimiento para buscar un óptimo desempeño de los equipos y un mayor tiempo de vida útil.

- Lavado general diario.
- Control diario de nivel de aceite.
- Cambio de filtros de retorno según horas de operación.
- Revisión y ajuste en pasadores de fijación de los cilindros.
- Revisión y lubricación semanal con grasa para uso automotriz del eje del cardan del toma-fuerza.

- Lubricación semanal con grasa para uso automotriz para articulaciones del sistema hidráulico, incluyendo.
  - Cilindro de eyección.
  - Pernos de la placa de barrido.
  - Cilindros de la placa de compactación.
- Limpieza y lubricación semanal con grasa o aceite para uso automotriz de:
  - Guías de la placa compactadora.
  - Guías de la placa de expulsión.
- Lubricación semanal con aceite de maquina SAE20 de todas las articulaciones de los siguientes elementos:
  - Cilindros no mencionados para lubricar con grasa
  - Palancas de comando del panel eyector y puerta trasera.
  - Puerta trasera.
  - Palancas de comando de compactación y basculamiento.
  - Puerta trasera incluyendo las roscas de las trabas.
- Inspección diaria de todos los comandos eléctricos de iluminación, señalización, direccional y frenos, señales luminosas del panel, solenoide de aceleración automática.
- Inspección diaria de tuberías y mangueras revisando posibles fugas, ajustando las conexiones si fuere necesario.
- Inspección semanal de todos los pernos incluyendo los de montaje y soportes de fijación de la caja al chasis.
- Inspección semanal del soporte de la bomba hidráulica y respectivos pernos de fijación.
- Inspección periódica del vástago y guía de cada cilindro para verificar existencia de ralladuras, que pueden causar daños y hasta perdida total de los sellos y del buje guía.

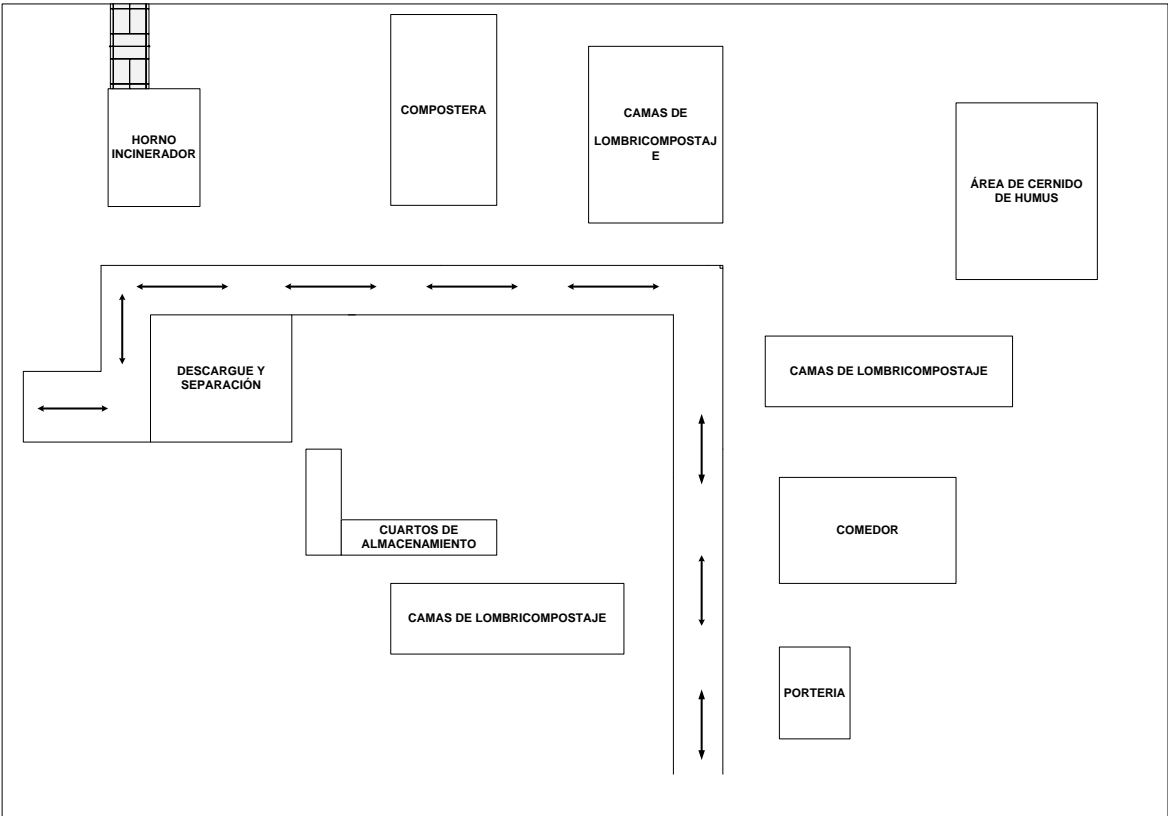
Adicionalmente es muy importante desarrollar las rutinas mensuales de mantenimiento que incluyen:

- Revisión estructura metal-mecánica.
- Revisión sistema hidráulico.
- Revisión sistema eléctrico.
- Revisión sistema neumático.
- Revisión estado de la pintura.
- Revisión accesorios o dispositivos.
- Revisión funcionamiento general del equipo.

**3.5 DESPLAZAMIENTOS DE LOS VEHÍCULOS RECOLECTORES DENTRO DE LA PMIRS.**

En la siguiente figura se muestran los desplazamientos que realizan los vehículos recolectores dentro de la planta de aprovechamiento del municipio de Guaduas.

FIGURA 4. Desplazamiento carros vehículos recolectores al interior de la PMIRS



**4 PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN**

**4.1 HORARIOS Y TURNOS DE TRABAJO**

Para la operación de la planta de Manejo Integral de Residuos Sólidos del Municipio de Guaduas es necesario contar con 22 Operarios y un supervisor que laboraran de lunes a viernes en los horarios que se relacionan a continuación:

CUADRO 15. Horarios de trabajo operarios planta.

HORA	ACTIVIDAD	DÍAS
6:30 am	Entrada	LUNES A VIERNES
6:30 am a 8:45 am	Labores normales	
8:45 am a 9:00 am	Desayuno	

9:00 am a 12:00 m	Labores normales	
12:00 m a 1:00 pm	Almuerzo	
1:00 pm a 2:30 pm	Labores normales	
2:30 pm a 2:45 pm	Descanso	
2:45 pm a 4:30 pm	Labores normales	
4:30 pm	Salida	
<b>HORA</b>	<b>ACTIVIDAD</b>	<b>DÍAS</b>
6:30 am	Entrada	SÁBADO
6:30 am a 8:45 am	Labores normales	
8:45 am a 9:00 am	Desayuno	
9:00 am a 12:00 m	Labores normales	
12:00 m	Salida	

Los operadores del horno incinerador tendrán turnos de doce horas de 6:00 am a 6:00 pm y viceversa para garantizar el uso eficiente del mismo.

## 4.2 FUNCIONES DE OPERARIOS Y SUPERVISOR

En el siguiente cuadro se relacionan las funciones de los operarios de la planta por cargo teniendo en cuenta el área de trabajo que se desempeñe.

CUADRO 16 Funciones del personal de trabajo de la PMIRS.

CARGO	FUNCIONES	ÁREA DE TRABAJO
Operario de Separación	→ Separar los residuos sólidos que llegan a la PMIRS sobre la Banda Transportadora en los contenedores plásticos.	Separación y Descargue
Evacuador	→ Evacuar los residuos separados en los contenedores plásticos a las bodegas de almacenamiento de material aprovechable y el material no aprovechable al horno incinerador. → Apoyar la operación de la maquina compactadora de material aprovechable. → Operar la banda transportadora cuando el supervisor no se encuentre. → Guiar al vehículo compactador al frente de la tolva de descargue → Abrir la caja de compactación del vehículo recolector para que realice el descargue. → Cerrar la caja de compactación del vehículo recolector cuando termine de descargar los residuos	Separación y Descargue



Operador Bobcat	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Llenar cada vez que sea necesario la tolva de descargue con los residuos descargados por el vehículo compactador.</li> <li>→ Transportar los residuos orgánicos del área de descargue al área de compostaje.</li> <li>→ Armar las pilas de compost</li> <li>→ Realizar el volteo del compost.</li> <li>→ Transportar el compost del área de compostaje al área de lombricompostaje</li> </ul>	Separación, compostaje y lombricompostaje
Operario de Bodega	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Recuperar los metales como Cobre, aluminio, bronce y antimonio, que hacen parte de aparatos eléctricos o mecánicos que llegan a la planta.</li> <li>→ Limpiar el papel archivo y el vidrio</li> <li>→ Operar la maquina compactadora de material aprovechable.</li> </ul>	Bodegas de almacenamiento de material aprovechables
Operario de apoyo en compostaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Operar la máquina trituradora de material orgánico.</li> <li>→ Verificar los parámetros pH, Temperatura humedad y acidez del compost cuando el supervisor no se encuentre.</li> </ul>	Compostaje
Operario de apoyo en Lombricompostaje	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Alimentar las capas de lombricompostaje</li> <li>→ Mantener la humedad del humus cuando el supervisor no se encuentre.</li> <li>→ Verificar los parámetros pH, Temperatura y humedad del humus cuando el supervisor no se encuentre.</li> </ul>	Lombricompostaje
Operario de apoyo en bodega de Humus	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Operar el tamiz</li> <li>→ Empacar el humus</li> <li>→ Almacenar el humus si es necesario</li> </ul>	Bodegas Humus
Operario Horno Incinerador	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Operar el horno tal cual como se indica en el manual del mismos entregado por el productor PROINDUL LTDA.</li> </ul>	Incineración
Supervisor	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ Distribuir y coordinar el trabajo de los operarios de la PMIRS</li> <li>→ Operar la Banda Transportadora.</li> <li>→ Coordinar la producción de Compost y Humus</li> <li>→ Velar por el buen funcionamiento de la PMIRS</li> <li>→ Informar al jefe de la Oficina de Servicios Públicos las novedades presentadas en el desempeño de su cargo.</li> <li>→ Tomar los datos de la bascula</li> <li>→ Verificar los parámetros pH, Temperatura humedad y acidez del compost y el humus.</li> <li>→ Realizar la bitácora de operación diaria de la PMIRS</li> <li>→ Realizar los registros del material que entran y salen de la PMIRS</li> <li>→ Las demás funciones que le asigne el superior inmediato.</li> </ul>	Separación y descargue, Bodegas de almacenamiento, Compostaje, Lombricultura, incineración.

Todos los operarios deben estar prestos a cumplir cualquiera de las funciones establecidas en el cuadro anterior. La distribución de los 22 operarios por área de trabajo es la que aparece en la tabla 1.

**TABLA 1 Cantidad de operarios por cargo**

<b>CARGO</b>	<b>CANTIDAD DE OPERARIOS</b>
Operario de Separación	17
Evacuador	1
Operador Bobcat	1
Operario de Bodega	1
Operario Horno Incinerador	2
Supervisor	1
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>

Teniendo en cuenta que las actividades de la bodega de Humus no se realizan constantemente, el operario de apoyo a la bodega de Humus debe ser tomado de los 17 operarios de separación cuando sea necesario utilizarlo en esta actividad según la producción de humus de la planta. Un solo operario se debe encargar de las funciones del operario de Bobcat y operario de apoyo en las áreas de Compostaje y Lombricultura.

En cuanto al evacuador este no debe ser el mismo siempre este cargo será ocupado por un operario diferente semanalmente

Para garantizar las condiciones higiénico sanitarias de los operarios de la planta de manejo integral de residuos sólidos (PMIRS) es necesario dotarlos de elementos de protección personal que se relacionan a continuación en el cuadro 17.

**CUADRO 17 Elemento de protección personal para operarios.**

<b>Elementos de Protección Personal E.P.P.</b>	<b>Cant</b>
Tapa Bocas	1
Guantes de Hilaza	2
Guantes de Caucho	2
Guantes tipo Ingeniero	2
Guantes de Carnaza Largos	2
Botas punta acero	2
Overol	1
Peto de carnaza	1
Gafas	1
Careta para gases	1

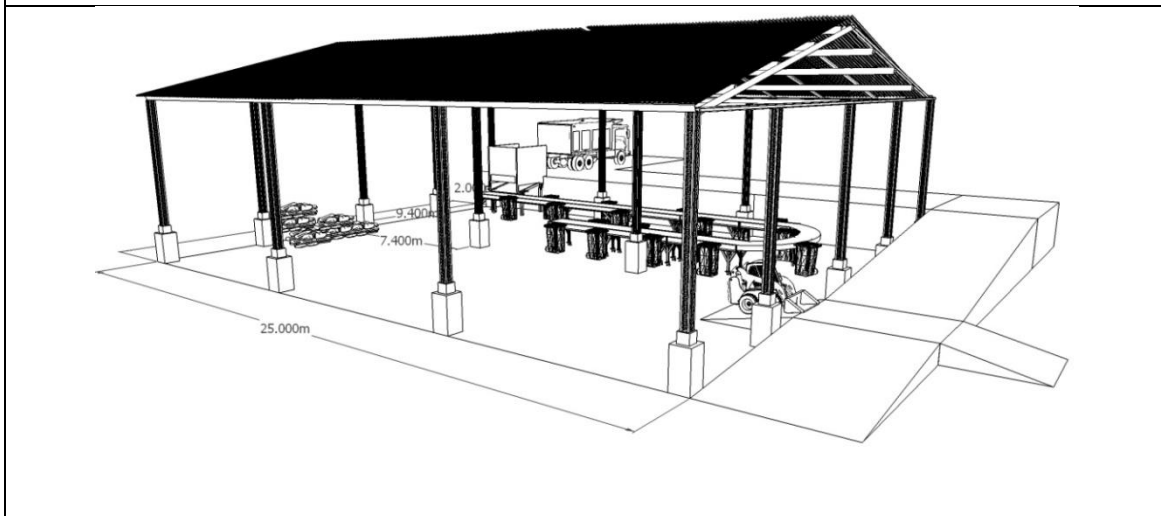
Los elementos de protección personal serán utilizados como se indican por los operarios de la planta como se indique en las fichas de operación de las diferentes áreas de la PMIRS.

### 4.3 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN EN LA PMIRS

#### 4.3.1 Área descargue y separación

FICHA 1. OPERACIÓN ÁREA DESCARGUE Y SEPARACIÓN			
EQUIPOS	Cant.	Personal de trabajo	Cant.
		Supervisor	1
Tolva	1	Operarios de separación	17
Banda Transportadora	1	Evacuador	1
		Operador Bobcat	1
Contenedores	17	Herramientas	Cant
Bobcat	1	Palas	5
		Escobas	10

**FOTO ÁREA DE DESCARGUE Y SEPARACIÓN**



#### Procedimientos en Descargue

1. Personal de trabajo: Evacuador y Supervisor.
2. E.P.P. Supervisor: Overol, Guantes tipo ingeniero y Botas punta de acero
3. E.P.P. Evacuador: overol, botas punta de acero, tapa bocas y guantes de carnaza.
4. La operación empieza cuando llega el vehículo compactador a la planta y se dirige a zona de descargue.
5. El evacuador guía el vehículo a la tolva de descargue
6. El conductor debe ubicar el carro compactador en reversa frente a la tolva.
7. El evacuador quita el seguro de la caja de compactación del vehículo recolector para que realice el descargue.
8. El conductor Descarga los residuos y se retira a continuar con la reelección.
9. El evacuador cierra el seguro de la caja de compactación del vehículo recolector cuando termine de descargar los residuos
10. Luego se dirige el Bobcat a la tolva de descargue

11. El Bobcat se encarga de llenar la tolva con los residuos descargados por el vehículo compactador.
12. Al llenarse la tolva el Bobcat termina su trabajo. regresa a repetir la operación cada vez que la tolva se desocupe.

#### **Procedimientos en Separación**

1. Personal de trabajo: 17 operarios de Separación, Evacuador y Supervisor.
2. E.P.P. Supervisor: Overol, Guantes tipo ingeniero y Botas punta de acero
3. E.P.P. Operario de Separación: overol, botas punta de acero, tapa bocas, guantes de hilaza y guantes de caucho.
4. E.P.P. Evacuador: overol, botas punta de acero, tapa bocas y guantes de carnaza.
5. Los residuos son descargados por medio de la tolva a la banda transportadora.
6. A lado y lado de la banda se ubican 18 Contenedores para el almacenamiento de los residuos aprovechables y no aprovechables.
7. Los 17 operarios se ubican al lado de cada contenedor y deben realizar la separación de los residuos manualmente sobre la banda transportadora a medida que avancen los residuos.
8. Cada operario separa los residuos en material aprovechable y no aprovechable y los depositan en los contenedores según sea el material.
9. El material orgánico debe ser transportado hasta el final de la banda.
10. El evacuador se encarga de almacenar los residuos aprovechables y no aprovechables en el área de almacenamiento cada vez que los contenedores estén llenos.
11. El operador del Bobcat moviliza la materia orgánica apilada el final de la banda al Área de compostaje para su aprovechamiento.

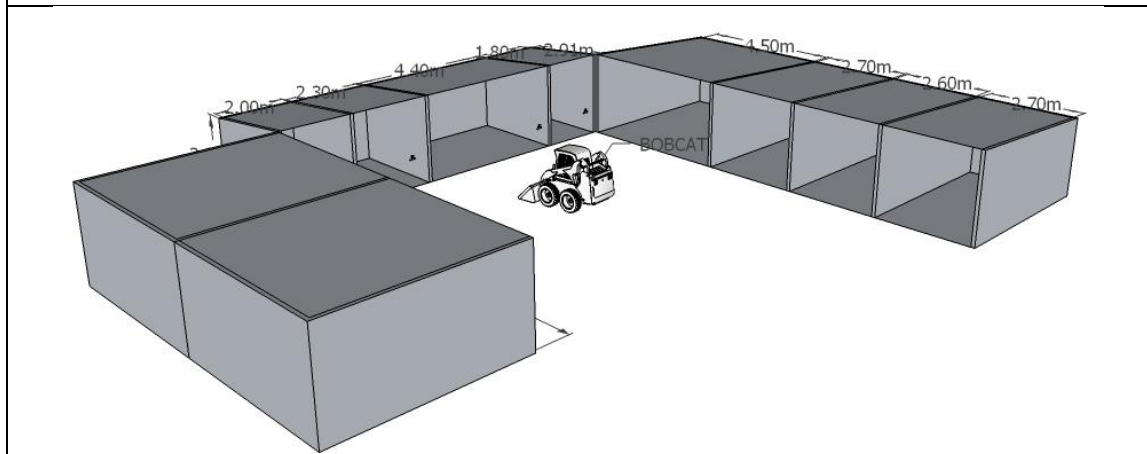
#### **TIEMPOS Y MOVIMIENTOS**

<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>
Descargue Vehículo Compactador	10 min
Separación (1 viaje Compactador)	480 min
Evacuación Residuos No aprovechables	10 min
Evacuación Orgánico en Bobcat	12 min
Movilización y almacenamiento de material aprovechable (papel, cartón, aluminio, chatarra, madera vidrio, pet, etc)	15 min

#### 4.3.2 Área de almacenamiento de material aprovechable

FICHA 2. OPERACIÓN ÁREA DE ALMACENAMIENTO			
EQUIPOS	Cant.	Personal de Trabajo	Cant.
Compactadora	1	Supervisor	1
Herramientas	Cant	Operarios de Bodega	1
Martillo	2		
Destornilladores	3	Evacuador	1

#### FOTO ÁREA DE ALMACENAMIENTO



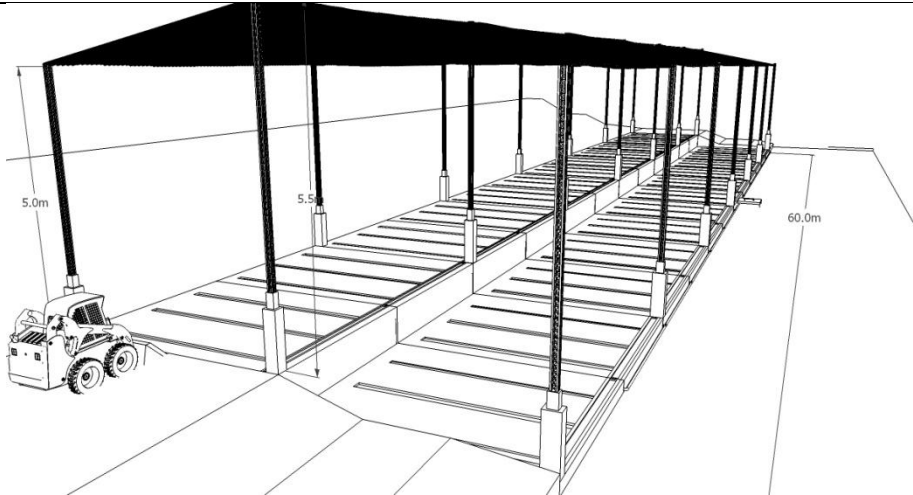
#### Procedimientos Almacenamiento

1. E.P.P. Supervisor: Overol, Guantes tipo ingeniero y Botas punta de acero.
2. E.P.P. Operario de Bodega: overol, botas punta de acero, tapa bocas y guantes tipo ingeniero.
3. E.P.P. Evacuador: overol, botas punta de acero, tapa bocas y guantes de carnaza.
4. Las bodegas de almacenamiento se utilizaran de la siguiente manera de derecha a izquierda:
  - Bodega 1: Bolsa Plástica
  - Bodega 2: Vidrio Blanco
  - Bodega 3: Vidrio Verde y Ámbar
  - Bodega 4: Metales (Cobre, aluminio, bronce y antimonio entre otros)
  - Bodega 5: Herramienta
  - Bodega 6: Papel Archivo
  - Bodega 7: Chatarra
  - Bodega 8: Cartón
  - Bodega 9: PET
  - Bodega 10: PEBD
5. El quipo compactador se ubicara en la bodega del PET por ser una de la más grande y es el material que más se genera en la planta y es necesario comprimir.

6. El evacuador trae los residuos del área de separación a las bodegas de almacenamiento
7. El operador de bodega apoya al evacuador para acomodar el material en cada bodega según el tipo.
8. El operario de bodega revisa el material y Recupera metales como Cobre, aluminio, bronce y antimonio, que hacen parte de aparatos eléctricos o mecánicos o de cualquier otro tipo de elemento que llegue a la planta.
9. El operario de bodega un día a la semana que determinara el supervisor comprimirá el papel archivo, Cartón, PET, PEBD, aluminio y todo el material que sea susceptible a comprimir operando el equipo compactador, utilizando el manual de operación entregado por el proveedor.
10. El supervisor al momento de comercializar el material almacenado verificara los pesos y realizara el respectivo registro del material vendido.
11. Las personas que se interesen por comprar el material tendrán que pesar y cargar el material que compren
12. Cada vez que el material sea vendido el operario de bodega tendrá que realizar aseo a la bodega.

<b>TIEMPOS Y MOVIMIENTOS</b>	
<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>
Recuperación y Limpieza de 1 kg de Cobre	35 min
Recuperación y Limpieza de 1 kg de Metales	15 min
Recuperación y Limpieza de 1 kg de Aluminio	15 min
Recuperación y Limpieza de 1 kg de Bronce	20 min
Comprimir una paca de material	15 min

#### 4.3.3 Área de compostaje

FICHA 3. OPERACIÓN ÁREA DE COMPOSTAJE			
EQUIPOS	Cant.	Personal de Trabajo	Cant.
Trituradora	1	Supervisor	1
Herramientas	Cant	Operarios de Bobcat	1
Machete	5	Operario de apoyo a Compostaje	1
Palas y escobas	10		
FOTO ÁREA DE COMPOSTAJE			
			
Procedimientos Compostera			
<div>1. E.P.P. Supervisor: Overol, Guantes tipo ingeniero, gafas y Botas punta de acero.</div> <div>2. E.P.P. Operarios de Bobcat: overol, botas punta de acero, tapa bocas y gafas</div> <div>3. E.P.P. Operario de apoyo a Compostaje: overol, botas punta de acero, tapa bocas, gafas y guantes de carnaza.</div> <div>4. El operador del Bobcat debe transportar los residuos orgánicos del área de descargue al área de compostaje cerca de la picadora que debe estar en al área de compostaje bajo techo.</div> <div>5. El operador de apoyo a compostaje utilizando la picadora según el manual de operación entregado por el proveedor y pica los residuos en partículas de un tamaño de 25 a 30 mm.</div> <div>6. Después de picado el material se arman pilas de compost de 10 m de largo por 2 m de ancho y 1.5 m de alto a lo largo del área de compostaje una detrás del otra separadas a 0.5 m.</div> <div>7. Cada pila debe tener una identificación que llevara la fecha en que se inicio el proceso en forma de aviso enterrado en la pila, este se retirara una vez terminado el proceso de compostaje. Este procedimiento debe realizarse para todas las pilas del área de compostaje.</div> <div>8. Para el control del contenido de humedad, el operario debe aplicar el siguiente</div>			

procedimiento empírico:

- Tome con la mano una muestra de material.
- Cierre la mano y apriete fuertemente el mismo.
- Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces se establece que el material contiene más de un 40% de humedad.
- Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, se establece que su contenido en humedad es cercano al 40%.
- Si el material no gotea y cuando abre el puño de la mano permanece moldeado, estimamos que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %
- finalmente si abre el puño y el material se disgrega, se asume que el material contienen una humedad inferior al 20 %.

9. La temperatura (T) y pH deben ser monitoreadas todos los días. La temperatura con termómetro y el pH con pHmetro o papel indicador de pH, estos parámetros deben mantenerse según el siguiente cuadro:

ETAPA	T °C	H %	pH	DURACIÓN DÍAS
Mesófito	15 a 40	50 a 60	4.5 a 5	10
Termófila	40 a 70	50 a 60	5 a 9	25
Enfriamiento	40 a 20	50 a 60	9 a 7	15
Maduración	21	50 a 60	7 a 7.5	10

10. Para garantizar las anteriores características del compost el operario debe asegurar la eficiencia del proceso. En la composta deberá permitirse la suficiente ventilación interna para que el proceso se lleve a cabo además de realizar los respectivos volteos del material. La humedad por medio del funcionamiento del sistema de riego y el pH con cal agrícola, en el siguiente cuadro se muestran la frecuencia de estas actividades.

SEMANA PARÁMETRO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
VOLTEO	5	3	3	2	2	1	0	0	0
RIEGO	1	1	1	1	1	1	1	1	1

11. El volteo se realizara con el Bobcat.
12. El sistema de drenaje de la compostera permite almacenar los lixiviados para que estos sean recirculados en cada pila manualmente por el operario.
13. De la semana 1 a la 5 las actividades se realizaran en el segundo nivel del área de compostaje y de la semana 6 a la 9 se realizara en el nivel uno del área. El proceso del compostaje no debe durar más de 60 días para que sea comercializable.
14. El anterior sistema se hacer para facilitar la evacuación del compost después de su proceso a las camas de Lombricompostaje.
15. Una vez pasados los 60 días del proceso, el operario verificara algunos Parámetros de



control de estabilidad del Compost como:

- Temperatura: estable
- Color: Marrón oscuro-negro ceniza
- Olor: sin olor desagradable
- pH: neutro
- Humedad: 40 a 60%

16. El supervisor debe estar atento a que se realicen todas las operaciones rigurosamente y además tendrá que llevar registro que se anexa de cada pila desde que entra al área de compostaje hasta que sale.

17. Una vez terminado el proceso de una pila de compost el operario debe asear el área donde se realizó y empezar de nuevo un proceso de compostaje.

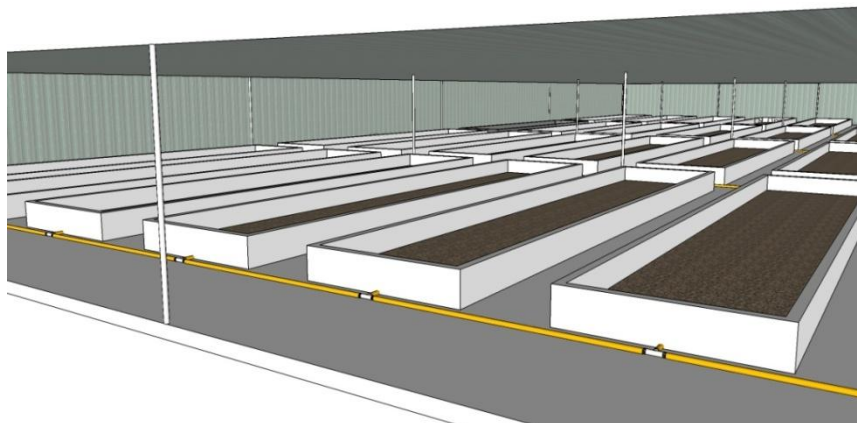
#### **TIEMPOS Y MOVIMIENTOS**

<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>
Picado de 200 kg de residuos orgánicos	60 min
Volteo de una pila completa	20 min
Riego de una pila completa	15 min
Monitoreo de pH y T	5 min
Prueba de humedad	8 min
Evacuación de compost a camas de lombricompostaje	10 min

#### 4.3.4 Área de lombricompostaje

FICHA 4. OPERACIÓN ÁREA DE LOMBRICOMPOSTAJE			
Herramientas	Cant	Personal de Trabajo	Cant.
Machete	5	Supervisor	1
Palas	4	Operador de Bobcat	1
Carretillas	4	Operario de apoyo A Lombricompostaje	1

**FOTO ÁREA DE LOMBROCOMPOSTAJE**



##### **Procedimientos Lombricompostera**

1. E.P.P. Supervisor: Overol, Guantes tipo ingeniero, gafas y Botas punta de acero.
2. E.P.P. Operarios de Bobcat: overol, botas punta de acero, tapa bocas y gafas
3. E.P.P. Operario de apoyo a Lombricompostaje: overol, botas punta de acero, tapa bocas, gafas y guantes de carnaza.
4. El operador del Bobcat transporta el material del área de compostaje hasta las áreas de Lombricompostaje.
5. La alimentación de las camas la debe hacer el operario de apoyo a Lombricompostaje una vez a la semana determinado por el supervisor de la PMIRS.
6. El material para la alimentación de las camas debe haber pasado por el proceso de descomposición. por tal motivo, el material orgánico debe de ser compostado y fermentado con anticipación y tenerlo listo 55 a 60 días antes de iniciar las actividades.
7. La alimentación se hace en cada una de las 74 camas y consiste en esparcir manualmente con pala a lo largo de las camas una capa de 15 cm de compost para que las lombrices rojas californianas se alimenten.
8. Esta operación debe repetirse por lo menos durante cuatro meses hasta que la cama alcance una altura de 1 a 1.20 m de Humus.
9. Cada cama debe tener mínimo un núcleo de lombrices rojas californianas (*Eisenia Foetida*) por metro cuadrado como pie de cría.
10. El operario deberá debe realizar muestreos de temperatura dos veces por semana, la

cual se recomienda que sea de 20 °C que es la temperatura más propicia para el desarrollo óptimo de las lombrices.

11. El riego debe ser fino para mantener húmedas las áreas de producción, se debe realizar dos veces por semana, en este sentido la humedad promedio más favorable para las lombrices es del 75 al 85 %. En caso de no cumplir con la humedad es necesario poner a funciona el sistema de riego hasta cumplir con la humedad.
12. El operario debe prevenir la entrada de agua en grandes volúmenes que pueden llegar a inundar el sustrato, lo que reduce la aireación necesaria y provoca el escape o ahogamiento de las lombrices.
13. El sistema de drenaje de cada área de lombricompostaje permitirá recolectar el lixiviado del humus para ser recirculado en cada cama o comercializado.
14. Las lombrices pueden desarrollarse apropiadamente cuando el pH está entre 7 y 7.5, que representa al neutro. Por lo tanto debe ser monitoreado dos veces por semana.
15. Después de que las camas alcanzan la altura máxima en un tiempo promedio de cuatro meses es necesario separar el lombricompuesto en un proceso sencillo. Solo hay que dejarlas uno o dos días sin alimento (no agregar alimento), y después poner alimento nuevo a un lado del lugar donde se encuentran. Las lombrices en busca de alimento irán a su nuevo lugar rápidamente (el 50% de las lombrices llegará en solo unas horas). Pero quedarán en el lombricompuesto los capullos y las pequeñas lombrices, para que lleguen a trasladarse las pequeñas lombrices y las que nacerán después es necesario esperar al menos 1 semana.
16. Pasada una semana en que se espera que las lombrices pasen a buscar alimento se empieza a recoger el humus para ser almacenado en su respectiva bodega.
17. El supervisor debe estar atento a que se realicen todas las operaciones rigurosamente y además tendrá que llevar el registro que se anexa de cada cama desde que entra al área de Lombricompostaje hasta que sale.
18. Cada seis meses será necesario tomar una muestra del Humus para realizarle un análisis fisicoquímico que evalúe su calidad y hacer correcciones al proceso si es necesario.
19. Una vez terminado el proceso de una cama de humus el operario debe asear el área donde se realizo y empezar de nuevo un proceso de lombricompostaje.

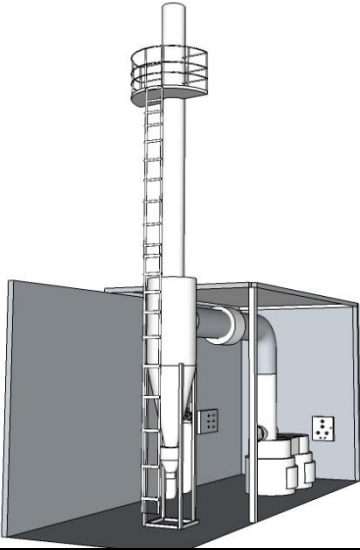
#### **TIEMPOS Y MOVIMIENTOS**

<b>OPERACIÓN</b>	<b>TIEMPO PROMEDIO</b>
Alimentación de una cama	12 min
Riego de una cama completa	15 min
Monitoreo de pH y T v Prueba de humedad	10 min
Evacuación de una cama de humus	20 min

#### 4.3.5 Área de almacenamiento de humus

FICHA 5. OPERACIÓN ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE HUMUS			
EQUIPOS	Cant.	Personal de Trabajo	Cant.
Tamiz	1	Supervisor	1
Herramientas	Cant	Operario de apoyo en bodega de Humus	1
Palas y	6		
FOTO ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE HUMUS			
			
Procedimientos Almacenamiento			
<ol style="list-style-type: none"><li>1. E.P.P. Supervisor: Overol, Guantes tipo ingeniero y Botas punta de acero.</li><li>2. E.P.P. Operario de apoyo en Bodega de Humus: overol, botas punta de acero, tapa bocas y guantes tipo ingeniero.</li><li>3. El humus puede ser transportado en Bobcat o carretillas desde las áreas de lombricompostaje hasta la bodega de almacenamiento. Y se descarga cerca al tamiz que se encuentra dentro de la bodega bajo techo.</li><li>4. El operario de Bodega hace el cernido del humus utilizando el tamiz, teniendo en cuenta el manual de funcionamiento entregado por el proveedor.</li><li>5. Después de utilizar el tamiz resultan dos productos el humus cernido y los desperdicios o material grueso como plásticos y materiales que no son biodegradados en el proceso de producción de humus, este material debe ir a incineración.</li><li>6. Después de cernido el humus debe ser empacado en bolsa plástica y lonas en pesos de 50 kg. Y almacenado en la misma bodega para su comercialización.</li><li>7. Las personas que se interesen por comprar el material tendrán cargar el material que compren.</li><li>8. Cada vez que el material sea vendido el operario de bodega tendrá que realizar aseo a la bodega.</li></ol>			
TIEMPOS Y MOVIMIENTOS			
OPERACIÓN			TIEMPO PROMEDIO
Tamizado de 1 ton de humus			2 h
Empaque de un bulto (50kg) de humus			

#### 4.3.6 Horno incinerador

FICHA 6. OPERACIÓN HORNO INCINERADOR			
Herramientas	Cant	Personal de Trabajo	Cant.
Palas	2	Supervisor	1
Escobas	2	Operario Horno	2
FOTO HORNO INCINERADOR			
			
Procedimientos Incineración			
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. E.P.P. supervisor: overol, guantes tipo ingeniero y botas punta de acero.</li> <li>2. E.P.P. operario horno: overol, botas punta de acero, tapa bocas y guantes de carnaza largos, peto de carnaza, gafas y careta para gases.</li> <li>3. El Horno Incinerador se debe operar tal y como se establece en el manual de funcionamiento entregado por el proveedor PROINDUL LTD en el momento de su compra. El convertirlo a gas no cambia ninguna operación su funcionamiento.</li> <li>4. El horario de trabajo de los operarios será de doce horas de 6:00 am a 6:00 pm el primer turno y el segundo de 6:00 pm a 6:00 am.</li> <li>5. El horno debe trabajar minino dos semanas continuamente de día y de noche. Se apaga un día para limpiarlo y hacerle mantenimiento y vuelve a empezar la operacion de dos semanas.</li> </ol>			
TIEMPOS Y MOVIMIENTOS			
OPERACIÓN		TIEMPO PROMEDIO	
Incineración de 180 kg de residuos no aprovechables		60 min	

#### 4.4 CONTROL DE PLAGAS Y VECTORES

En la planta de manejo integral de residuos sólidos del municipio se produce algunas plagas y vectores como ratas, moscas, ciempiés, ácaros y hormigas indeseable en la operación de la PMIRS por esta razón se debe elaborar un programa interno para el control de plagas y vectores.

CUADRO 18. Control de plagas y vectores en la PMIRS

PROGRAMA CONTROL DE PLAGAS Y VECTORES	
<b>OBJETIVO GENERAL</b>	Mantener y mejorar continuamente el control de plagas y vectores de la PMIRS.
<b>DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA</b>	A través de este programa se dará un control adecuado de plagas y vectores en la PMIRS
<b>LOCALIZACIÓN</b>	Canales de aguas, área descargue y separación, bodega de almacenamiento, composteras, Lombricultura, bodega de humus
<b>RECURSOS TECNOLÓGICOS</b>	Bomba de aspersión
PLAN DE ACCIÓN	
<ul style="list-style-type: none"><li>→ Realizar las fumigaciones en todas las áreas de la PMIRS semanalmente.</li><li>→ Fumigar con veneno VAYTROBEN diluido como se explica en las instrucciones de uso</li><li>→ Mantener buen orden y aseo de las áreas de la PMIRS.</li><li>→ En caso de presentarse plagas dentro de las camas de lombricompostaje el control debe ser manual y la fumigación en el exterior de la era de Lombricultura.</li></ul>	

## 5 FORMATOS DE REGISTROS

## 5.1 ENTRADA DE RESIDUOS

**DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA**

MUNICIPIO DE GUADUAS

**OFICINA DE SERVICIOS PÚBLICOS**

## PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPIO DE GUADUAS

## PLANILLA ENTRADA DE RESIDUOS MUNICIPALES

[illegible]

**5.2 SALIDA DE MATERIAL APROVECHABLE**

**DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA  
MUNICIPIO DE GUADUAS  
OFICINA DE SERVICIOS PÚBLICOS**

*No recibo Tesorería*\_\_\_\_\_

**COMPROBANTE SALIDA DE MATERIALES  
PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS**

Material	Cantidad (kg)	Valor (kg)	Valor TOTAL

**Recibió**\_\_\_\_\_  
**C.C.**

**Entrego**\_\_\_\_\_  
**C.C.**



### 5.3 SEGUIMIENTO COMPOST

MUNICIPIO DE GUADUAS  
OFICINA DE SERVICIOS PÚBLICOS

PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPIO DE GUADUAS  
PLANILLA DE SEGUIMIENTO A LAS PILAS DE COMPOST

FECHA DE INICIO DE LA PILA \_\_\_\_\_

SEMANA PARÁMETRO	1						SEMANA PARÁMETRO	2					
pH							pH						
Temperatura C							Temperatura C						
Humedad							Humedad						
Volteos							Volteos						
Riego							Riego						
SEMANA PARÁMETRO	3						SEMANA PARÁMETRO	4					
pH							pH						
Temperatura C							Temperatura C						
Humedad							Humedad						
Volteos							Volteos						
Riego							Riego						
SEMANA PARÁMETRO	5						SEMANA PARÁMETRO	6					
pH							pH						
Temperatura C							Temperatura C						
Humedad							Humedad						
Volteos							Volteos						
Riego							Riego						
SEMANA PARÁMETRO	7						SEMANA PARÁMETRO	8					
pH							pH						
Temperatura C							Temperatura C						
Humedad							Humedad						
Riego							Riego						
SEMANA PARÁMETRO	9						OBSERVACIONES:						
pH													
Temperatura C													
Humedad													
Riego													

**5.4 SEGUIMIENTO HUMUS**

**MUNICIPIO DE GUADUAS  
OFICINA DE SERVICIOS PÚBLICOS**

**PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS MUNICIPIO DE GUADUAS  
PLANILLA DE SEGUIMIENTO A LAS CAMAS DE HUMUS**

**FECHA DE INICIO DE LA CAMA** \_\_\_\_\_

<div>SEMANA PARÁMETRO</div>	1	2	3	4	5	6	7	8
pH								
Temperatura C								
Humedad								
Riego								
<div>SEMANA PARÁMETRO</div>	9	10	11	12	13	14	15	16
pH								
Temperatura C								
Humedad								
Riego								
<div>SEMANA PARÁMETRO</div>	17	18	19	20	21	22	23	24
pH								
Temperatura C								
Humedad								
Riego								

**OBSERVACIONES:**

## 5.5 MATERIAL INCINERADO

## BALANCE PROCESO INCINERACIÓN

**CLIENTE:**

--

**INCINERADOR  
MODELO:**

CV-600

**SUPERVISIÓN REALIZADA  
POR:**

--

**PERIODO  
REGISTRO:**

\_\_\_\_\_

**OPERACIÓN REALIZADA POR:**

\_\_\_\_\_

**A**

--	--

FECHA	COMBUSTIBLE (GL)	INCINERACIÓN (KG)	CENIZAS (KG)	T% C I (°C)	T% CM (°C)	T% CH (°C)	%CENIZA (KG)	Nº HORAS
TOTAL	COMBUSTIBLE (GL)	TOTAL HORAS	INCINERADO (KG)				% CENIZAS (KG)	% KG/H

**OBSERVACIONES:**



## ALTERNATIVA 1

### PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE GUADUAS CUNDINAMARCA

ITEM	ACTIVIDAD	Un.	CANTIDAD	MATERIALES	MANO DE OBRA	TRANSPORTE	V / Unitario (\$)	V / Total (\$)
<b>AREA DE DESCARGUE Y SEPARACIÓN</b>								
1	Construcción de losa en concreto 3000 psi E= 0.15 m	m2	500	85,500	1,100	8,000	94,600	47,300,000
2	Mantenimiento de la cubierta, incluye cambio de tejas, refuerzo de columnas en concreto	Gl	1	16,063,000	3,400,000	1,200,000	20,663,000	20,663,000
3	Pavimentación via de recorrido a zona de edescarga para carros compactadores, concreto para pavimento (E= 0.2m)	m2	250	163,000	6,800	15,000	184,800	46,200,000
4	Ampliación muro de contención en concreto ciclopeo (h= 3m)	m2	30	60,000	1,100	8,000	69,100	2,073,000
5	Suministro e instalación de banda transportadora de residuos para separación manual	Gl	1	15,000,000	700,000	1,500,000	17,200,000	17,200,000
6	Suministro e instalación de tolva para descargue de residuos, lámina de acero al carbón (calibre 1/4")	m2	8	8,000	8,800	160,000	176,800	1,414,400
7	Suministro e instalación de contenedores plásticos	Un.	17	300,000	22,000	20,000	342,000	5,814,000
<b>AREA DE ALMACENAMIENTO</b>								
8	Adecuación cuartos de almacenamiento. Instalación puntos sanitarios, incluye tubería y accesorios	Gl	1	2,503,500	1,320,000	600,000	4,423,500	4,423,500
9	Suministro e instalación de tamiz para la selección de abono y máquina compactadora de PET	Un.	1	36,254,000	110,000	300,000	36,664,000	36,664,000
<b>AREA DE APROVECHAMIENTO</b>								
10	Suministro e instalación de maquina trituradora de materia orgánica	Un	1	67,500	1,700	7,500	76,700	76,700
11	Construcción terrazas en concreto 3000 psi, incluye sistema de drenaje y caja en concreto, para compostera	gl	1	98,583,900	10,200,000	1,200,000	109,983,900	109,983,900
12	Construcción de losa en concreto simple 3000 psi para lombricomposteras. (E= 0.10)	m2	2508	77,000	1,400	15,000	93,400	234,247,200
13	Optimización de camas de lombricompostaje, incluye: impermeabilización en concreto simple, (Area cama: 18 m2) y lechos filtrantes	un	64	635,000	11,000	15,000	661,000	42,304,000
<b>AREA DE INCINERACIÓN</b>								
14	Conversión de combustible del Horno Incinerador (diesel a gas natural)	Gl	1	67,424,556	0	0	67,424,556	67,424,556
<b>AREAS COMUNES</b>								
15	Suministro e instalación de báscula, incluye sistema de control, accesorios y conexiones electricas	Gl	1	24,000,000	700,000	4,000,000	28,700,000	28,700,000
16	Adecuación y/o mejoramiento de baños (que se encuentran en las 2 baterías sanitarias ), incluye pañetes, afinado de pisos, enchapes en cerámica para pisos y muros, suministro e instalación de sanitarios, lavamanos, orinales, puntos sanitarios, hidráulicos y eléctricos, suministro e instalación de marco y puerta, desagües y pintura	un	2	3,767,000	1,100,000	160,000	5,027,000	10,054,000
<b>COSTO TOTAL</b>								<b>674,542,256</b>

## PROPUESTA DE OPTIMIZACION TÉCNICA 2

### PLANTA DE MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL MUNICIPIO DE GUADUAS CUNDINAMARCA

ITEM	ACTIVIDAD	Un.	CANTIDAD	MATERIALES	MANO DE OBRA	TRANSPORTE	V / Unitario (\$)	V / Total (\$)
	<b>AREA DE DESCARGUE Y SEPARACIÓN</b>							
1	Construcción de losa en concreto 3000 psi E= 0.15 m	m2	500	85,500	1,100	8,000	94,600	47,300,000
2	Mantenimiento de la cubierta, incluye cambio de tejas, refuerzo de columnas en concreto	Gl	1	16,063,000	3,400,000	1,200,000	20,663,000	20,663,000
3	Pavimentación via de recorrido a zona de edescarga para carros compactadores, concreto para pavimento (E= 0.2m)	m2	250	163,000	6,800	15,000	184,800	46,200,000
4	Ampliación muro de contención en concreto ciclopeo (h= 3m)	m2	30	60,000	1,100	8,000	69,100	2,073,000
5	Suministro e instalación de banda transportadora de residuos para separación manual	Gl	1	15,000,000	700,000	1,500,000	17,200,000	17,200,000
6	Suministro e instalación de tolva para descargue de residuos, lámina de acero al carbón (calibre 1/4")	m2	8	7,500	8,800	160,000	176,300	1,410,400
7	Suministro e instalación de contenedores plásticos	Un.	17	300,000	22,000	20,000	342,000	5,814,000
	<b>AREA DE ALMACENAMIENTO</b>							
8	Adecuación cuartos de almacenamiento. Instalación puntos sanitarios, incluye tubería y accesorios	Gl	1	2,503,500	1,320,000	600,000	4,423,500	4,423,500
	<b>AREA DE APROVECHAMIENTO</b>							
9	Construcción de losa en concreto simple 3000 psi para lombricomposteras. (E= 0.10)	m2	2508	77,000	1,400	15,000	93,400	234,247,200
10	Optimización de camas de lombricompostaje, incluye: impermeabilización en concreto simple, (Area cama: 18 m2) y lechos filtrantes	un	64	635,000	11,000	15,000	661,000	42,304,000
	<b>AREAS COMUNES</b>							
11	Suministro e instalación de báscula, incluye sistema de control, accesorios y conexiones electricas	Gl	1	24,000,000	700,000	4,000,000	28,700,000	28,700,000
12	Adecuación y/o mejoramiento de baños (que se encuentran en las 2 baterías sanitarias ), incluye pañetes, afinado de pisos, enchapes en cerámica para pisos y muros, suministro e instalación de sanitarios, lavamanos, orinales, puntos sanitarios, hidráulicos y eléctricos, suministro e instalación de marco y puerta, desagües y pintura	un	2	3,767,000	1,100,000	160,000	5,027,000	10,054,000
	<b>COSTO TOTAL</b>							<b>460,389,100</b>

\$ 140,660,400