

## CAPITULO I. PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR RURAL DEL ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA

### Presentación

La formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos de un municipio, debe cubrir tanto la zona urbana como el área rural, a pesar que por efectos de acumulación y manejo del servicio público domiciliario de aseo, este es un tema generalmente asociado a la problemática urbana. Por esta razón, el Área Metropolitana de Bucaramanga contrató inicialmente la formulación del plan para la zona urbana y posteriormente mediante convenio con los entes municipales, se procede a ampliar la visión al área rural.

Sin embargo, por efectos prácticos, era imposible cubrir la totalidad de la extensión territorial rural, particularmente aquellas donde se presenta mayor dispersión de la población y menores facilidades de acceso. Por tanto, se decidió enfocar la formulación del plan, a los centros poblados intermedios y a las áreas rurales de mayor concentración poblacional, las cuales fueron sugeridas por los mismos municipios.

El siguiente documento contiene la formulación del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos en ocho (8) sectores rurales del Área Metropolitana de Bucaramanga escogidos por las secretarías de Desarrollo Social de los municipios del AMB, que actualmente presentan complicaciones con el manejo inadecuado de los residuos sólidos; dentro de éstos sectores se encuentran:

**Tabla 1.** Sectores analizados en el PGIRS Rural

MUNICIPIO	SECTOR
Floridablanca	Km. 9 Km.22
	Ruitoque Bajo
Girón	Acapulco
	Chocoita
	Bocas
Bucaramanga	Vijagual
Piedecuesta	Guatiguará
	San Francisco Bajo

Fuente: Secretarías de Desarrollo Social del AMB.

Este estudio forma parte del Plan de Gestión Integral de residuos Sólidos del Área Metropolitana de Bucaramanga el cual fue acogido mediante Acuerdo Metropolitano No. 002 de marzo 1 de 2005. Posteriormente, en el año 2006 el Área Metropolitana de



**PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL  
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA**



Bucaramanga, contrató a la Universidad Industrial de Santander, específicamente al Centro de Estudios e Investigaciones Ambientales – CEIAM para el desarrollo de este proyecto; así mismo, las decisiones planteadas en este marco de formulación, fueron dirigidas por el Grupo Coordinador conformado por 18 miembros, representantes de los municipios, operadores del servicio, instituciones académicas y gremiales, y comunidades vinculadas a la gestión de los desechos, quienes en repetidas veces se han reunieron para analizar y aprobar las diferentes etapas del estudio.

El grupo técnico conformado por la UIS - CEIAM contó con la participación de los siguientes profesionales:

**Tabla 2. Integrantes Grupo Técnico PGIRS**

DIRECTOR	Edgar Fernando Castillo Monroy Ingeniero Químico - Ph.D. Ingeniería Química
COORDINADOR GENERAL	Consuelo Ordóñez de Rincón Economista – Especialista en Servicios Públicos Domiciliarios.
ASISTENTE DE LA COORDINACION	Mónica Marcela Mendoza Gómez Administradora de Empresas – Especialista en Ingeniería Ambiental
COORDINADOR GRUPO EMPRESARIAL Y FINANCIERO	Daniel Augusto Barragán Santos Ingeniero Industrial
GRUPO EMPRESARIAL Y FINANCIERO	Camilo Ernesto López García Ingeniero Industrial
COORDINADOR GRUPO TECNICO	Edgar Fernando Castillo Monroy Ingeniero Químico - Ph.D. Ingeniería Química
GRUPO TECNICO	Sandra Milena Flórez Conde Ingeniera Sanitaria y Ambiental
	Lizeth Paola Gallardo Vega Ingeniera Química
	Jazmín Lucero Cobos Becerra Estudiante Ingeniería Química
	Sandy Yáñez Ingeniero Civil – Especialista en Sistemas de Información Georeferenciada
ASESORA JURIDICA	Gloria Inés Serrano Abogada

Por parte del Área Metropolitana, el Arquitecto Pablo Mariño en calidad de representante de la Dirección y el interventor Jairo Alfonso Salcedo, realizaron el acompañamiento directo en todo el proceso de formulación.



El presente informe complementa también el Diagnóstico y el Análisis Brecha presentados anteriormente, de acuerdo con la Resolución 1045 de 2003, expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

## 1. RESUMEN EJECUTIVO

### 1.1 PRESENTACION DELTRABAJO

La problemática de la generación, manejo y disposición de residuos sólidos en el área rural de los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga, ha sido reconocida como parte del PGIRS del AMB, e integrada al plan formulado en diciembre de 2004, mediante la realización del diagnóstico, análisis de alternativas y propuestas de intervención con las comunidades que habitan éstas zonas. En concertación con la interventoría y la coordinación del AMB, se optó por realizar el estudio detallado para aquellos sectores donde la población se encuentra relativamente concentrada (Ver Plano No. 1 PGIRS Rural), dada la dificultad de implicaría una solución de servicio en comunidades dispersas y con grandes distancias de recorrido.

Los sitios de trabajo fueron definidos por las Secretarías de Desarrollo Social de cada municipio. En estos sitios, con la participación de los líderes locales, se identificó el número de usuarios existentes y se estableció el muestreo para realizar la caracterización de los residuos generados.

**Tabla 3.** Número de usuarios por sector analizado

SECTOR	MUNICIPIO	USUARIOS	PCC/USUARIO (ton/us/mes)
Vijagual	Bucaramanga	30	0,029
Km. 9 – km. 22	Floridablanca	128	0,045
Ruitoque bajo		80	0,055
Acapulco	Girón	574	0,046
Chocoita		110	0,037
Bocas		247	0,038
Guatiguará	Piedecuesta	145	0,046
San Francisco Bajo		50	0,023
<b>TOTAL</b>		<b>1.364</b>	<b>0,047</b>

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Nota: Adicionalmente, se analizó el caso especial de la represa de Bocas, donde la Electricadora de Santander E.S.P. se identifica como un importante receptor de residuos, por la extracción de sólidos gruesos transportados por el Río Lebrija, que obstruirían el ingreso de agua al canal de abastecimiento de la Central Hidroeléctrica de Palmas. En un estudio aportado por esta Empresa, el cálculo de residuos que se extraen mensualmente para mantener la operación de la Central, es de 6,08 toneladas, con lo cual se constituiría en un gran generador para el servicio de aseo.

A partir de esta información, el equipo de trabajo realizó un análisis de alternativas para ofrecer a estas comunidades una opción costo eficiente de manejo de sus residuos, bien sea mediante la autogestión o con participación de las empresas operadoras del servicio de aseo en el área urbana, que extiendan la cobertura del servicio a éstos centros poblados. Los resultados de este trabajo, el valor de las tarifas y la viabilidad de aplicar alternativas de procesamiento para el componente orgánico presente, es lo que se pretende demostrar en este documento.

De cualquier manera, es importante anotar que los habitantes de las áreas rurales están solicitando con creciente intensidad, la solución a su problema de disposición de desechos, especialmente estos que están relativamente concentrados y no disponen de espacios individuales para su manejo. Por lo anterior, se espera que este trabajo contribuya a la aproximación del Municipio a las comunidades y se genere una propuesta que sea aceptada por las partes.

## 1.2 PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA

Como se observa en la tabla anterior, la producción por usuario en las áreas rurales es significativamente baja, máxime si se compara con el promedio nacional de 0,08 ton/usuario/mes. Este dato es determinante para definir la viabilidad del sistema de operación y manejo de residuos, propuesto en este documento.

En consideración a la inexistencia de oferta del servicio de aseo en los sectores identificados y la necesidad de plantear soluciones costo eficientes, se definieron dos alternativas de manejo, para ser valoradas y se formularon los programas y proyectos que permitirían su implementación.

**Tabla 4.** Programas, proyecto y objetivos

PROGRAMA	PROYECTO	OBJETIVO
ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	Ampliación de la cobertura del servicio de aseo en el área rural.	Establecer un esquema operativo para el servicio público de aseo que elimine los botaderos clandestinos y las afectaciones ambientales inherentes
	Establecimiento de un programa de aprovechamiento y manejo de los materiales reciclables y orgánicos, minimizando la generación de desechos en el Área Rural.	Procesar el 100% de los residuos orgánicos, (Fase II) y establecer un sistema operativo para la recolección de los residuos inertes y reciclables que atienda al sector rural, con una tarifa apropiada.



PROGRAMA	PROYECTO	OBJETIVO
CULTURA CIUDADANA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Desarrollo de un programa de capacitación y divulgación a la ciudadanía, para la separación y clasificación de residuos en la fuente, en el área rural.	Lograr la vinculación activa de la comunidad a los programas de aprovechamiento de residuos y minimizar los defectos en la selección en la fuente.
	Prevención y control de la disposición inadecuada de escombros y otros desechos sólidos en el sector rural.	Mitigar el impacto de la disposición de residuos en las orillas de las vías de los diferentes sectores rurales.

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### 1.2.1 Alternativa N° 1

Consiste en la ampliación de la cobertura del servicio ordinario de aseo, a los sectores antes identificados, para lo cual se propone utilizar la capacidad residual de los vehículos de recolección ordinaria en los días de menor producción de residuos, esto es regularmente, los días miércoles y jueves de cada semana.

Las características de este sistema son las siguientes:

- Se utilizarán dispositivos de almacenamiento temporal ubicados estratégicamente en todos los sectores, excepto en Acapulco y Ruitoque Bajo, lugares donde se propone la recolección puerta a puerta. Este almacenamiento se propuso inicialmente en canastas de malla galvanizada, pero por sugerencia del Grupo Coordinador, se eliminó esta posibilidad y se propone la utilización de contenedores metálicos o cuartos de aseo.
- La prestación del servicio de aseo se realizará como mínimo una vez a la semana en el sector rural, según la capacidad residual de los vehículos recolectores que atienden las zonas periféricas.

Para la definición de la tarifa, se trabajó inicialmente con un escenario de costos mínimos, pero el resultado arrojó valores inversamente proporcionales entre la producción y la tarifa a pagar, lo cual no coincide con la lógica de pago en relación directa a la producción. En consecuencia, se decidió asumir el análisis con los valores establecidos por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, en la nueva metodología tarifaria contenida en la Res. 351 y 352 de 2005, para cada uno de los componentes del servicio, multiplicado por la producción generada por cada usuario, obtenida de la caracterización de residuos realizada por el grupo técnico del PGIRS en el diagnóstico rural. Considerando que estos usuarios corresponden a un nivel socioeconómico bajo, se propone la incorporación de subsidios, con un porcentaje del 50% a cargo del municipio, toda vez que en estas zonas no habría mayores aportes al Fondo de Solidaridad.

**Tabla 5. Tarifas plenas por sectores – Alternativa N° 1**

Componente Tarifario	Tarifas Plenas por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	977	1.091	1.121	1.086	1.011	1.044	39.372	1.089	953
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	1.638	2.515	3.106	2.590	2.090	2.146	343.578	2.598	1.299
TTE	152	510	134	350	14	381	60.921	377	274
TDT	523	803	992	827	668	686	109.753	830	415
<b>Tarifa Total</b>	<b>3.290</b>	<b>4.919</b>	<b>5.353</b>	<b>4.853</b>	<b>3.783</b>	<b>4.257</b>	<b>553.624</b>	<b>4.894</b>	<b>2.941</b>

% Subsidio	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	0%	-50%	-50%
------------	------	------	------	------	------	------	----	------	------

Componente Tarifario	Tarifas con Subsidio por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	488	545	560	543	506	522	39.372	544	476
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	819	1.258	1.553	1.295	1.045	1.073	343.578	1.299	650
TTE	76	255	67	175	7	190	60.921	189	137
TDT	262	402	496	414	334	343	109.753	415	207
<b>Tarifa Total</b>	<b>1.645</b>	<b>2.459</b>	<b>2.677</b>	<b>2.426</b>	<b>1.891</b>	<b>2.128</b>	<b>553.624</b>	<b>2.447</b>	<b>1.470</b>

Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Usuarios	30	128	80	574	110	247	1	145	50

Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Ingresos Mes	98.704	629.590	428.259	2.785.528	416.091	1.051.397	553.624	709.638	147.036
Ingresos Año	1.184.448	7.555.084	5.139.106	33.426.331	4.993.096	12.616.767	6.643.489	8.515.659	1.764.427

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Nota.** El componente de comercialización incluye el costo de facturación, que obedece al valor que según la regulación debe reconocerse a la empresa que realiza el cobro del servicio, que en este caso sería la Electrificadora de Santander E.S.P., por ser la entidad de servicio público que mayor cobertura ofrece a los usuarios del área rural.

El tema del almacenamiento de residuos, para la recolección semanal, exige la ubicación de los contenedores, los cuales han sido diseñados y cuantificados por el equipo de trabajo considerando el volumen de generación y la accesibilidad. Este sistema se proyectó en casi todos los sectores, exceptuando Ruitoque Bajo y Acapulco, donde por efecto de la cantidad de materiales, se propone la recolección puerta a puerta.

En una primera instancia, el grupo de trabajo propuso la utilización de una canasta con capacidad útil de 1.85 m<sup>3</sup> cuyo costo aproximado es de \$250.000 por unidad. Sin embargo, el Grupo Coordinador solicitó modificar el sistema, por la instalación de cuartos

de aseo debidamente enchapados y con sistema de limpieza. El costo directo de esta infraestructura, se eleva a \$2.500.000 por unidad, y la capacidad se eleva aproximadamente a 3 m<sup>3</sup>. Esta inversión, debe ser asumida por el Municipio, con el propósito de garantizar la viabilidad de la recolección solamente una vez por semana.

**Tabla 6.** Inversiones en dispositivos de almacenamiento

SECTOR	Volumen	Sistema de Canasta		Sistema de Cuarto de Aseo	
	m <sup>3</sup> /mes	Cantidad	Inversión	Cantidad	Inversión
Vijagual	4,35	1	\$250.000	1	\$2.500.000
Bocas	46,93	6	\$1.500.000	4	\$10.000.000
Km. 9 – km. 22	28,50	4	\$1.000.000	4	\$10.000.000
Chocoita	20,35	3	\$750.000	2	\$5.000.000
Guatiguará	33,35	5	\$1.250.000	3	\$7.500.000
San Francisco	5,75	1	\$250.000	1	\$2.500.000
TOTAL	139,23	20	\$5.000.000	15	\$37.500.000

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

El resultado del cálculo de tarifas, arroja un valor del servicio (excluyendo el componente de barrido) que podría considerarse relativamente bajo, lo cual se explica esencialmente por la baja producción per cápita. Sin embargo, para estos sectores, que tradicionalmente no han asumido el costo, podría tener efectos negativos en la economía familiar. Por consiguiente, el grupo coordinador ha propuesto que en algunos casos se evalúe la posibilidad de aplicar un sistema de *compensación social* asociando grandes productores o empresas que generan impactos ambientales significativos en los sitios próximos, para que contribuyan a aliviar el costo de la tarifa al usuario.

Especial consideración en este sentido, mereció el caso del Corregimiento de Bocas, e incluso el sector Vijagual-Bocas. Allí se encuentran establecidos el Frigorífico Vijagual y la Electrificadora de Santander-Represa de Bocas.

La propuesta del Grupo Coordinador es evaluar la viabilidad de incorporar dentro del plan de compensación social de estas empresas, la financiación del costo de saneamiento básico local, asumiendo la totalidad del valor del servicio de recolección de residuos a manera de un gran productor. Para ejemplarizar la propuesta, se presenta el cálculo del valor que tendría que asumir la ESSA ESP, el cual finalmente se trasladaría a la tarifa de energía, como parte de los costos ambientales de la empresa. Esta propuesta, debe ser objeto de una evaluación de viabilidad desde el punto de vista legal, para la ESSA E.S.P.

ESSA - BOCAS		PRODUCCIÓN TOTAL
COMPONENTE	VALOR	
TFR	98.880	15,5 Ton/mes
TBL	0	
TRT	873.685	
TTE	154.915	
TDT	279.093	
<b>TARIFA TOTAL</b>	<b>1.406.573</b>	

Componente Tarifario	Comunidad de Bocas	ESSA - Represa de Bocas	Acumulado	ESSA + Bocas Compensación	Diferencia
TFR	257.956	39.372	297.328	98.880	-198.448
TBL	0	0	0	0	0
TRT	530.108	343.578	873.685	873.685	0
TTE	93.994	60.921	154.915	154.915	0
TDT	169.339	109.753	279.093	279.093	0
<b>Tarifa Total</b>	<b>1.051.397</b>	<b>553.624</b>	<b>1.605.021</b>	<b>1.406.573</b>	<b>-198.448</b>

El valor mensual por efectos de recolección en esta zona, sería de \$1.406.573, en el evento que ESSA E.S.P. se presente como un gran productor, asumiendo la totalidad de los residuos en la zona aledaña. La diferencia entre este costo y la sumatoria de los recaudos resultantes del cobro por usuario, corresponde a los gastos de comercialización, que obviamente son mayores si se deben facturar a todos los usuarios.

En el caso de San Francisco Bajo, la situación es diferente pues a pesar de ser un tramo extenso (aproximadamente 28 kms. hasta El Carrasco), la producción por usuario es muy baja y por tanto el costo resultante al usuario es relativamente bajo (\$1.470/u Tarifa con subsidio), pero para la empresa recolectora el valor del viaje no es rentable por el recaudo total (aproximadamente \$34.000 por viaje). En consecuencia, el planteamiento del grupo coordinador es identificar otros usuarios en la ruta (lavaderos, clubes sociales y recreativos, etc.) con quienes podría ampliarse el escenario de viabilidad del servicio, incluso ampliando el recorrido hasta la zona de Pescadero donde se está conformando un asentamiento poblacional de aproximadamente 30 viviendas. Con el planteamiento del PGIRS y la disponibilidad del modelo de cálculo, es previsible que la gestión comercial de la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos, pueda desarrollar fácilmente esta alternativa.

El presente informe y el documento de trabajo, presentan en forma detalla la propuesta y el sistema de cálculo de las tarifas. Es importante anotar que el Fondo de Solidaridad Municipal, debe prever la asignación de subsidios, en los casos que así lo requieran y garantizar la prestación eficiente, continua y de mínimo costo.

**Tabla 7.** Valor de los subsidios asignados para cada sector

Valor del Subsidio	Vijagual	Vía a Cúcuta	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Valor mes	\$ 49.352	\$ 314.795	\$ 214.129	\$ 1.392.764	\$ 208.046	\$ 525.699	\$ 354.819	\$ 73.518
Valor año	\$ 592.224	\$ 3.777.542	\$ 2.569.553	\$ 16.713.165	\$ 2.496.548	\$ 6.308.383	\$ 4.257.829	\$ 882.214

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### 1.2.2 Alternativa N° 2

Consiste en la promoción del aprovechamiento de residuos sólidos, principalmente orgánicos, para producción de abonos (compost – humus) o como alimento de porcinos. Para los residuos inertes y reciclables se establecieron los costos de recolección, transporte y disposición final (inertes) bajo el mismo sistema de la tarifa del servicio y se reconocen los ingresos por comercialización de los elementos reciclables. Es importante anotar que esta alternativa exige una inversión adicional en infraestructura para el procesamiento de orgánicos y para capacitación a los usuarios para lograr la selección en la fuente.

Para su desarrollo se han previsto 2 Fases. En la primera, el procesamiento de orgánicos alcanza el 50% y en la segunda Fase se llega a procesar el 100%.

Los sistemas de aprovechamiento de desechos propuestos, fueron: Compostaje, lombricultura y Alimentación de Porcícolas, y para cada uno se dispone de los costos de inversión y operación, según las fases del proyecto. Sin embargo, el grupo coordinador considera que el riesgo de estas operaciones es demasiado alto, como quiera que exige un nivel de desarrollo tecnológico y responsabilidad elevado.

A pesar de los anterior, es interesante observar el resultado de las tarifas, si se lograra las instalaciones de infraestructura para el aprovechamiento de orgánicos en cada sector.

**Tabla 8.** Tarifa por servicio de Recolección de Residuos inertes y reciclables. Fase I

**FASE I**

Componente Tarifario	Tarifas Plenas por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	941	1.020	1.077	1.037	979	983	81.693	1.039	917
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	1.292	1.984	2.451	2.043	1.649	1.693	761.833	2.050	1.025
TTE	131	275	414	414	167	163	73.330	438	156
TDT	413	634	783	653	527	541	243.362	655	327
<b>Tarifa Total</b>	<b>2.777</b>	<b>3.913</b>	<b>4.725</b>	<b>4.147</b>	<b>3.322</b>	<b>3.380</b>	<b>1.160.218</b>	<b>4.182</b>	<b>2.425</b>
% Subsidio	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	0%	-50%	-50%

Componente Tarifario	Tarifas con Subsidio por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	471	510	539	518	490	492	81.693	520	458
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	646	992	1.225	1.022	824	847	761.833	1.025	512
TTE	65	137	207	207	84	81	73.330	219	78
TDT	206	317	391	326	263	270	243.362	327	164
<b>Tarifa Total</b>	<b>1.389</b>	<b>1.957</b>	<b>2.362</b>	<b>2.073</b>	<b>1.661</b>	<b>1.690</b>	<b>1.160.218</b>	<b>2.091</b>	<b>1.212</b>

Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Usuarios	30	128	80	574	110	247	1	145	50

Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Ingresos Mes	83.315	500.924	377.975	2.380.254	365.381	834.980	1.160.218	606.428	121.231
Ingresos Año	999.781	6.011.090	4.535.704	28.563.045	4.384.574	10.019.757	13.922.613	7.277.135	1.454.776

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Tabla 9.** Tarifa por servicio de Recolección de Residuos inertes y reciclables. Fase II

FASE II

Componente Tarifario	Tarifas Plenas por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	904	962	1.004	974	932	935	40.856	976	893
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	947	1.454	1.795	1.497	1.208	1.240	377.226	1.502	751
TTE	96	201	303	303	122	119	36.310	321	114
TDT	302	464	574	478	386	396	120.502	480	327
<b>Tarifa Total</b>	<b>2.249</b>	<b>3.082</b>	<b>3.676</b>	<b>3.253</b>	<b>2.648</b>	<b>2.691</b>	<b>574.895</b>	<b>3.279</b>	<b>2.085</b>

% Subsidio	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	0%	-50%	-50%
------------	------	------	------	------	------	------	----	------	------

Componente Tarifario	Tarifas con Subsidio por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	452	481	502	487	466	468	40.856	488	446
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	473	727	898	748	604	620	377.226	751	375
TTE	48	101	152	152	61	60	36.310	161	57
TDT	151	232	287	239	193	198	120.502	240	164
<b>Tarifa Total</b>	<b>1.125</b>	<b>1.541</b>	<b>1.838</b>	<b>1.626</b>	<b>1.324</b>	<b>1.346</b>	<b>574.895</b>	<b>1.639</b>	<b>1.043</b>

Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Usuarios	30	128	80	574	110	247	1	145	50



PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL  
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA



Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Ingresos Mes	67.480	394.466	294.083	1.867.039	291.303	664.754	574.895	475.407	104.260
Ingresos Año	809.762	4.733.586	3.528.999	22.404.467	3.495.635	7.977.047	6.898.736	5.704.888	1.251.119

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- Evaluación de la viabilidad financiera de los sistemas de procesamiento de residuos orgánicos y comercialización de reciclables en los sectores rurales.

El resultado de este análisis indica que hay que garantizar la obtención de economías de escala para hacer viable esta operación. En el caso de compostaje, solamente se genera viabilidad en el sector de Acapulco, y si se trata de lombricultura, mejoran las condiciones para algunos sectores pero solamente se obtiene valor presente neto positivo para Acapulco y Bocas. Finalmente, si se trata de porcicultura, la alternativa sería aparentemente viable, pero los volúmenes son significativamente bajos.

- Resultados de la opción de compostaje.

**Tabla 10.** Indicadores financieros planta de compostaje

Tasa para Reinversión de Excedentes		10,00%
Costo de Capital		12,00%
TIR	Vijagual	NA
	Km. 9 Km.31	NA
	Ruitoque Bajo	NA
	Acapulco	20,19%
	Chocoita	NA
	Bocas	8,69%
	Guatiguará	NA
	San Francisco Bajo	NA
TVR	Vijagual	-10,18%
	Km. 9 Km.32	5,68%
	Ruitoque Bajo	3,62%
	Acapulco	14,38%
	Chocoita	4,20%
	Bocas	9,52%
	Guatiguará	1,56%
	San Francisco Bajo	5,16%
VPN	Vijagual	-13.358.661
	Km. 9 Km.33	-7.431.394
	Ruitoque Bajo	-8.868.918
	<b>Acapulco</b>	<b>14.623.367</b>
	Chocoita	-8.910.999
	Bocas	-3.297.352
	Guatiguará	-12.801.312
	San Francisco Bajo	-6.160.196

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- Resultados de la opción de lombricultura

**Tabla 11.** Indicadores financieros planta de lombricultura

Tasa para Reinversión de Excedentes		10,00%
Costo de Capital		12,00%
TIR	Vijagual	NA
	Km. 9 Km.31	10,74%
	Ruitoque Bajo	6,88%
	Acapulco	35,51%
	Chocoita	8,14%
	Bocas	19,90%
	Guatiguará	NA
	San Francisco Bajo	10,29%
TVR	Vijagual	-1,95%
	Km. 9 Km.32	10,53%
	Ruitoque Bajo	8,95%
	Acapulco	19,41%
	Chocoita	9,45%
	Bocas	14,19%
	Guatiguará	6,32%
	San Francisco Bajo	10,37%
VPN	Vijagual	-6.871.099
	Km. 9 Km.33	-548.378
	Ruitoque Bajo	-2.045.946
	Acapulco	<b>25.299.860</b>
	Chocoita	-1.686.493
	Bocas	<b>4.852.873</b>
	Guatiguará	-4.803.234
	San Francisco Bajo	-613.436

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- Resultados de la alternativa como alimento de porcinos.

**Tabla 12.** Indicadores financieros planta de porcicultura

Tasa para Reinversión de Excedentes		10,00%
Costo de Capital		12,00%
TIR	Vijagual	5,62%
	Km. 9 Km.31	25,22%
	Ruitoque Bajo	22,20%
	Acapulco	58,43%
	Chocoita	20,92%
	Bocas	35,93%

	Guatiguará	14,71%
	San Francisco Bajo	25,22%
TVR	Vijagual	7,74%
	Km. 9 Km.32	16,12%
	Ruitoque Bajo	15,02%
	Acapulco	23,43%
	Chocoita	14,74%
	Bocas	19,20%
	Guatiguará	12,36%
	San Francisco Bajo	16,10%
	VPN	Vijagual
Acapulco		4.158.553
Ruitoque Bajo		2.795.231
Acapulco		34.937.973
Chocoita		2.842.195
Bocas		10.618.310
Guatiguará		1.003.111
San Francisco Bajo		3.006.781

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

De cualquier manera, esta alternativa fue desechada por el Grupo Coordinador, por los riesgos técnicos y operativos que implica. Las experiencias recientes de operación de sistemas similares, no ha sido satisfactoria, por lo cual no es recomendable insistir en estas iniciativas sin disponer de un operador técnicamente calificado.

### Conclusiones

- La gestión integral de residuos sólidos en el sector rural del Área Metropolitana de Bucaramanga, se fundamenta en la incorporación de los asentamientos rurales, como usuarios del servicio público domiciliario de aseo, con participación de las empresas operadoras y la aplicación de tarifas, según la regulación recientemente establecida por la Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico.
- La alternativa de establecer un valor por costos directos de prestación del servicio de aseo en zona rural, no se considera conveniente, como quiera que las zonas de menor producción se verían afectadas con un alto costo por unidad atendida, lo cual va en contradicción con el concepto de pago en proporción al volumen de residuos generados.
- La alternativa de establecer sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en las áreas rurales aledañas, ofrece reducidos márgenes de viabilidad financiera y altos riesgos técnicos, por lo cual no se considera conveniente, como recomendación inmediata. Sin embargo, el diseño técnico y económico ha sido elaborado y esta disponible para ser evaluado en la medida en que se identifiquen operadores calificados para esta actividad.

- La prestación del servicio de aseo en asentamientos poblacionales rurales, aledaños al AMB debe ser remunerada mediante una tarifa subsidiada, a efecto de garantizar la viabilidad económica del servicio y la disposición a pagar por parte de los usuarios.
- La gestión comercial de las empresas de aseo para incorporar nuevos usuarios en la ruta rural y el control de la autoridad ambiental para garantizar que los usuarios tanto residenciales como no residenciales ubicados sobre dichas rutas, dispongan adecuadamente sus residuos, son elementos fundamentales para la viabilidad de la extensión de la cobertura del servicio de aseo en el sector rural.
- Los municipios deberán asumir su contribución a este programa, con la construcción de la infraestructura para almacenamiento temporal de los residuos, de manera que la recolección se pueda realizar 1 vez por semana. Adicionalmente, deberán asumir el subsidio, a cargo del Fondo de Solidaridad y redistribución del ingreso de cada municipio.
- En el evento de identificar operadores calificados para el manejo de desechos orgánicos, el municipio deberá también asumir la responsabilidad de la aplicación de las campañas de cultura ciudadana para promover la separación en la fuente y el apoyo al montaje de la infraestructura de procesamiento, de manera tal que la clasificación y procesamiento de los materiales de desecho sea costo-eficiente.

## 2. PROYECCIONES

### 2.1 PROYECCIÓN POBLACIONAL

Para el análisis de la generación de residuos a ser atendidos con este plan, es necesario considerar el tamaño de la población asentada en las zonas rurales de los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga. Aunque este momento histórico coincide con la aplicación de un censo de población nacional, a la fecha de elaboración de este informe no se dispone de toda la información poblacional a nivel municipal, lo cual nos impide proyectar con base en esta fuente de alta confiabilidad. Sin embargo, se dispone de alguna información agregada que contribuye al análisis de las cifras obtenidas en proyecciones del censo de 1993 y estudios particulares.

- **Crecimiento poblacional<sup>1</sup>**

**Figura 1.** Mapa político Área Metropolitana de Bucaramanga



Fuente: Área metropolitana de Bucaramanga

**Tabla 13.** Censo de población año 2.005 para el Área Metropolitana de Bucaramanga

Total habitantes	1.012.331
Hogares	266.098
Unidades Económicas	52.192
Unidades Agropecuarias	10.214

Fuente: Dane. Censo 2005, Resultados para 5 Áreas Metropolitanas.

<sup>1</sup> Plan De Desarrollo Metropolitano, Bucaramanga 2.000

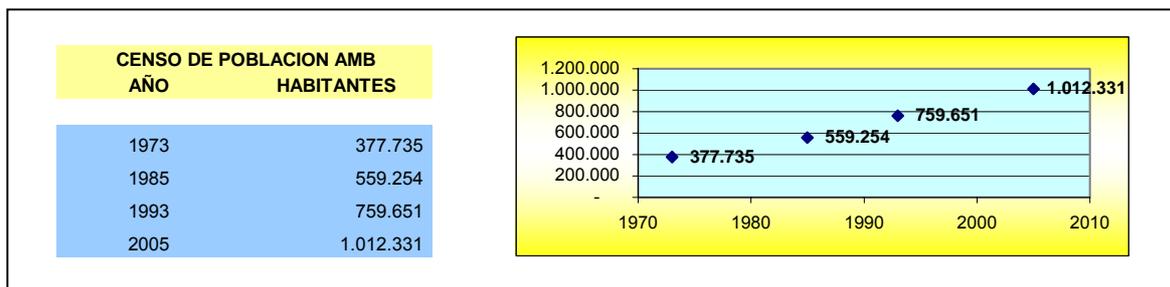
**Tabla 14.** Censo de población año 2.005 para el Área Metropolitana de Bucaramanga

CENSO DE POBLACION 2005					
	BUCARAMANGA	FLORIDABLANCA	GIRON	PIEDRECUESTA	TOTAL
Personas	508.102	252.260	135.400	116.569	1.012.331
Hogares	137.763	65.253	33.620	29.462	266.098
Unidades Económicas	35.955	7.951	3.274	5.048	52.228
Unidades Agropecuarias	1.288	1.506	2.950	4.470	10.214

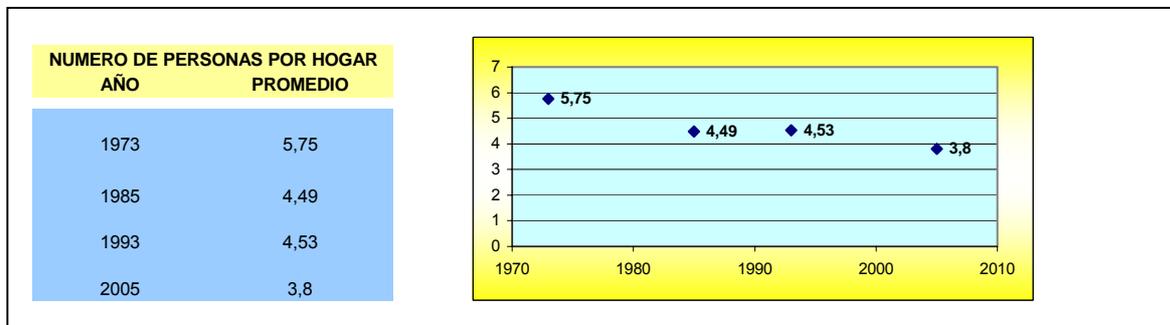
Fuente: Dane. Censo 2005, Resultados para 5 Áreas Metropolitanas.

Esta información, ubica al AMB como el receptor del 2.5% de la población colombiana, y el 53.4% de la población de Santander.

Obsérvense que aunque los datos no distinguen entre población urbana y rural, si se identifica claramente que Bucaramanga alberga algo mas del 50% de la población total del AMB, mientras Piedecuesta dispone de 3,5 veces mas actividad agropecuaria que Bucaramanga.



Un aspecto significativo que la información parcial que el DANE arroja al momento, es la reducción significativa en el número de personas por hogar, que registra el AMB, y que se muestra en la tabla siguiente:



Se reitera que esta información es agregada por municipio, razón que nos impone la necesidad de acudir a otras fuentes para obtener el dato de población rural. En el PGIRS urbano se utilizó la proyección realizada por el consorcio INGETEC-ETA, para proyectar la demanda de agua en el AMB, donde se ajustan las proyecciones del Censo 1993 con algunos indicadores de desplazamiento forzoso y tendencias de ocupación del territorio, y que fue acogido también en el Plan de Desarrollo Metropolitano, aprobado por acuerdo 008/2000, Sin embargo este estudio es realmente importante para la proyección urbana, pero tampoco ofrece mayor información para el área rural.

Según las proyecciones del DANE, la población asentada en el Área Metropolitana conformada por Bucaramanga, Floridablanca, Girón y Piedecuesta ascendía en Junio 30 de 1997, a cerca de 920.476 habitantes de los cuales 887.862 se encontraban en las cabeceras de estos cuatro municipios.

**Tabla 15.** Participación de la población del Área Metropolitana de Bucaramanga

Año	En Santander			En Colombia		
	Total	Urbana	Rural	Total	Urbana	Rural
1951	19.9	47.4	6.7	1.3	2.6	0.5
1964	28.9	52.7	8.4	1.6	2.6	0.5
1973	34.3	58.5	6.3	1.8	2.8	0.4
1985	40.2	61.1	9.6	2.0	2.8	0.6
1993	46.5	66.5	6.4	2.2	3.1	0.3
1997	48.1	65.5	5.9	2.3	3.1	0.3

Fuente: PLAN DE DESARROLLO METROPOLITANO. Bucaramanga, 2.000.  
Cálculos con base en Censos de Población y Proyecciones 1997, DANE.

En la Tabla 15. se presentan las tasas de crecimiento poblacional calculados para los municipios del AMB, desde 1951 hasta 1997, donde se evidencia desaceleración del crecimiento poblacional en la mayoría de las áreas rurales. Esta información parece acertada a juzgar por las conclusiones generales del Censo 2005 que arrojaron una población inferior a la esperada en el país, sin embargo, no se puede afirmar lo mismo de las tasas de crecimiento urbano, que según este último dato, parecen sobrestimadas.

**Tabla 16.** Tasas de crecimiento poblacional de los municipios del Área Metropolitana de Bucaramanga (1951 – 1997)

Período	1951-1964	1964-1973	1973-1985	1985-1993	1993-1997
<b>Bucaramanga</b>					
Total	5.5	3.8	0.8	3.5	2.0
Cabecera	5.7	4.2	0.5	4.1	2.1
Resto	2.5	-6.3	8.2	-17.5	-6.6

Floridablanca					
Total	5.4	12.9	9.5	4.1	2.4
Cabecera	4.8	25.4	10.1	4.5	2.7
Resto	5.7	-6.0	3.7	-3.7	6.0
Girón					
Total	0.9	5.4	7.0	6.0	3.6
Cabecera	4.4	11.1	11.0	8.2	4.5
Resto	-0.1	2.2	0.9	-3.7	-4.2
Piedecuesta					
Total	2.3	2.4	4.8	5.9	3.5
Cabecera	3.6	4.5	5.2	7.7	5.1
Resto	1.1	-0.6	3.8	0.5	-3.6

Fuente: PLAN DE DESARROLLO METROPOLITANO. Bucaramanga, 2.000.  
Cálculos con base en Censos de Población y Proyecciones 1997, DANE

Ante la dificultad de contar con información precisa sobre población en el área rural, y concientes de la necesidad de formular un conjunto de alternativas que realmente se dimensionen a las necesidades puntuales de las áreas objeto de estudio, se tomó la decisión de acudir a los datos directos de campo, aportados en los POT y el conocimiento de los líderes locales.

#### ➤ **Proyecciones aplicadas al PGIRS Rural del AMB**

Con el fin de proyectar los requerimientos del plan, se estimaron los datos de población y generación de residuos, con base en las siguientes proyecciones y en la caracterización directa de los residuos producidos en cada una de las áreas de trabajo, a cargo del Grupo Técnico del PGIRS.

- *Cantidad de usuarios:* Estos datos fueron aportados por parte de los líderes comunales de los sectores rurales del Área Metropolitana de Bucaramanga, escogidos por los municipios, para realizar alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos generados.

**Tabla 17.** Número de usuarios por sector

Sector	Municipio	Usuarios
Vijagual	Bucaramanga	30
Km. 9 Km.22	Florida	128
Ruitoque Bajo	Florida	80
Acapulco	Girón	574
Chocoita	Girón	110
Bocas	Girón	247



Sector	Municipio	Usuarios
Guatiguará	Piedecuesta	145
San Francisco Bajo	Piedecuesta	50

Fuente: Líderes comunales de los diferentes sectores rurales del AMB.

- *Relación Habitante / usuario:* Para conocer esta relación, se utilizó la información de la cantidad de habitantes del sector rural en el año 2005, suministrada por el Departamento Administrativo de Estadísticas DANE y el número de usuarios del sector rural suministrado por la Electrificadora de Santander; en la siguiente tabla se aprecia la relación obtenida para cada caso:

**Tabla 18.** Relación Habitante/usuario

Municipio	Habitantes *	Usuarios**	Relación Habitante/usuario
Bucaramanga	5.889	1.976	3
Florida	6.369	1.758	4
Girón	12.868	2.736	5
Piedecuesta	19.306	5.394	4

\*Fuente: Habitantes para el año 2005 según DANE

\*\*Fuente: Usuarios del sector rural de la Electrificadora de Santander ESSA año 2005  
Con la información anterior se realizó la proyección de habitantes y la proyección de usuarios obteniendo para cada año las siguientes cantidades:

**Tabla 19.** Proyección de la población

Proyección de la Población																	
Sector	Municipio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vijagual	Bucaramanga	90	92	93	95	96	98	100	102	103	105	107	109	111	113	115	117
Km. 9 Km.22	Florida	512	507	502	498	493	488	484	479	475	470	466	461	457	453	449	444
Ruitoque Bajo	Florida	320	317	314	311	308	305	302	300	297	294	291	288	286	283	280	278
Acapulco	Girón	2.870	2.921	2.973	3.026	3.079	3.134	3.190	3.246	3.304	3.363	3.422	3.483	3.545	3.608	3.672	3.737
Chocoita	Girón	550	560	570	580	590	601	611	622	633	644	656	668	679	691	704	716
Bocas	Girón	1.235	1.257	1.279	1.302	1.325	1.349	1.373	1.397	1.422	1.447	1.473	1.499	1.526	1.553	1.580	1.608
Guatiguará	Piedecuesta	580	589	599	608	618	628	638	649	659	670	680	691	702	714	725	737
San Francisco Bajo	Piedecuesta	200	203	206	210	213	217	220	224	227	231	235	238	242	246	250	254

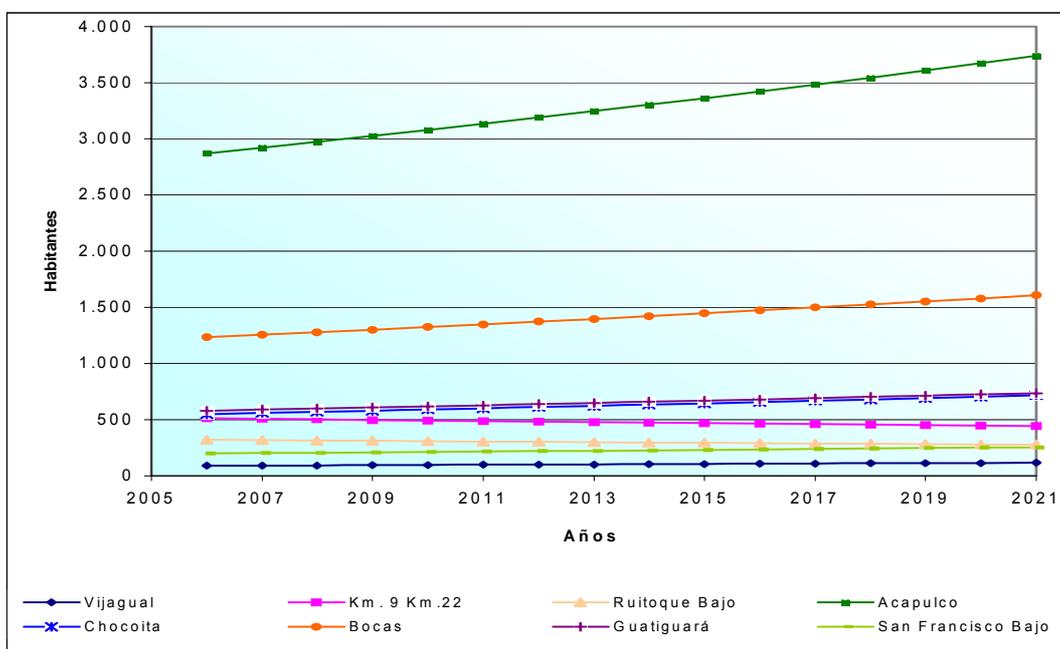
Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Tabla 20.** Proyección de usuarios

Proyección de Usuarios																	
Sector	Municipio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vijagual	Bucaramanga	30	31	31	32	32	33	33	34	34	35	36	36	37	38	38	39
Km. 9 Km.22	Florida	128	127	126	124	123	122	121	120	119	118	116	115	114	113	112	111
Ruitoque Bajo	Florida	80	79	79	78	77	76	76	75	74	73	73	72	71	71	70	69
Acapulco	Girón	574	584	595	605	616	627	638	649	661	673	684	697	709	722	734	747
Chocoita	Girón	110	112	114	116	118	120	122	124	127	129	131	134	136	138	141	143
Bocas	Girón	247	251	256	260	265	270	275	279	284	289	295	300	305	311	316	322
Guatiguará	Piedecuesta	145	147	150	152	155	157	160	162	165	167	170	173	176	178	181	184
San Francisco Bajo	Piedecuesta	50	51	52	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64

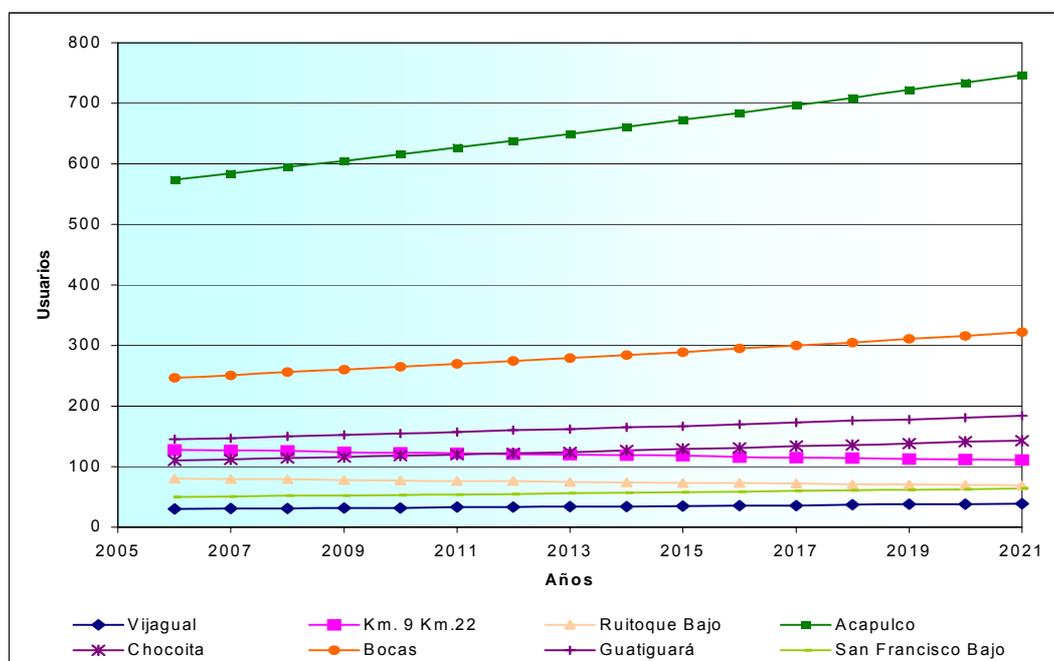
Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Gráfica 1. Proyección de la población año 2006 – 2021**



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Gráfica 2. Proyección de usuarios 2006 – 2021**



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

## 2.2 PROYECCIÓN DE GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS DOMICILIARIOS

Las proyecciones de generación de residuos sólidos domiciliarios, se han elaborado con base en la caracterización de residuos sólidos realizada en cada de los sectores mencionados anteriormente, lo que permitió conocer cifras reales y representativas de la generación de residuos in situ.

### ➤ Producción de residuos por usuario

La producción de residuos por usuario se obtuvo a partir de las cantidades de residuos sólidos encontradas en los muestreos realizados en los diferentes sectores, inferidos en la población total de cada sector, sobre la cantidad de usuarios; en la siguiente tabla se reporta la PPU para cada sector.

**Tabla 21.** Producción por usuario para cada sector

Sector	PPU* (Ton/usuario/mes)
Vijagual	0,029
Km. 9 Km.22	0,045
Ruitoque Bajo	0,055
Acapulco	0,046
Chocoita	0,037
Bocas	0,038
Guatiguará	0,046
San Francisco Bajo	0,023

\*PPU: Producción por usuario  
Fuente: Equipo técnico PGIRS

### ➤ Generación actual de residuos sólidos

Los residuos tenidos en cuenta en esta clasificación son los domésticos, debido a que en éstos sectores no se realiza barrido y limpieza y los residuos de los puestos de salud son recogidos por la empresa Sandesol. En la siguiente tabla se presenta la proyección de los residuos sólidos para cada sector:

Esta generación se calculó a partir de la producción por usuario y el número de usuarios pertenecientes a cada sector. Las cantidades proyectadas se presentan en la Tabla 21.

En las tablas 12, 13 y 14, se presentan las proyecciones de generación, segregadas por tipo de residuo, según la caracterización realizada por el equipo técnico del PGIRS, cuya descripción se encuentra en el diagnóstico del PGIRS RURAL.

**Tabla 22.** Producción de residuos (Ton/mes)

Proyección de Residuos (Ton/mes)																	
Sector	Municipio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vijagual	Bucaramanga	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1
Km. 9 Km.22	Florida	5,7	5,7	5,6	5,5	5,5	5,4	5,4	5,3	5,3	5,3	5,2	5,1	5,1	5,0	5,0	4,9
Ruitoque Bajo	Florida	4,4	4,3	4,3	4,3	4,2	4,2	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8
Acapulco	Girón	26,3	26,8	27,3	27,7	28,2	28,8	29,3	29,8	30,3	30,9	31,4	32,0	32,5	33,1	33,7	34,3
Chocoita	Girón	4,1	4,1	4,2	4,3	4,4	4,4	4,5	4,6	4,7	4,8	4,8	5,0	5,0	5,1	5,2	5,3
Bocas	Girón	9,4	9,5	9,7	9,9	10,1	10,3	10,5	10,6	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,8	12,0	12,2
Guatiguará	Piedecuesta	6,7	6,8	6,9	7,0	7,1	7,2	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	8,0	8,1	8,2	8,3	8,5
San Francisco Bajo	Piedecuesta	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,5

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Tabla 23.** Producción de residuos orgánicos (Ton/mes)

Proyección de residuos Orgánicos (Ton/mes)																	
Sector	Municipio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vijagual	Bucaramanga	0,37	0,38	0,38	0,39	0,39	0,40	0,40	0,42	0,42	0,43	0,44	0,44	0,45	0,47	0,47	0,48
Km. 9 Km.22	Florida	2,41	2,39	2,37	2,33	2,31	2,29	2,27	2,26	2,24	2,22	2,18	2,16	2,14	2,12	2,10	2,09
Ruitoque Bajo	Florida	1,86	1,83	1,83	1,81	1,79	1,76	1,76	1,74	1,72	1,69	1,69	1,67	1,65	1,65	1,62	1,60
Acapulco	Girón	11,11	11,30	11,51	11,71	11,92	12,13	12,35	12,56	12,79	13,02	13,24	13,49	13,72	13,97	14,20	14,45
Chocoita	Girón	1,72	1,75	1,78	1,81	1,84	1,87	1,90	1,94	1,98	2,01	2,05	2,09	2,12	2,15	2,20	2,23
Bocas	Girón	3,96	4,03	4,11	4,17	4,25	4,33	4,41	4,47	4,55	4,63	4,73	4,81	4,89	4,99	5,07	5,16
Guatiguará	Piedecuesta	2,81	2,85	2,91	2,95	3,01	3,05	3,11	3,14	3,20	3,24	3,30	3,36	3,42	3,46	3,51	3,57
San Francisco Bajo	Piedecuesta	0,49	0,50	0,50	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58	0,59	0,60	0,61	0,62

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Tabla 24.** Proyección de residuos Reciclables (Ton/mes)

Proyección de residuos Reciclables (Ton/mes)																	
Sector	Municipio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vijagual	Bucaramanga	0,155	0,160	0,160	0,165	0,165	0,171	0,171	0,176	0,176	0,181	0,186	0,186	0,191	0,196	0,196	0,202
Km. 9 Km.22	Florida	1,016	1,008	1,000	0,984	0,976	0,968	0,960	0,952	0,944	0,936	0,921	0,913	0,905	0,897	0,889	0,881
Ruitoque Bajo	Florida	0,784	0,774	0,774	0,764	0,755	0,745	0,745	0,735	0,725	0,715	0,715	0,706	0,696	0,696	0,686	0,676
Acapulco	Girón	4,690	4,772	4,862	4,944	5,033	5,123	5,213	5,303	5,401	5,499	5,589	5,695	5,793	5,900	5,998	6,104
Chocoita	Girón	0,725	0,738	0,752	0,765	0,778	0,791	0,804	0,818	0,837	0,851	0,864	0,884	0,897	0,910	0,930	0,943
Bocas	Girón	1,673	1,700	1,734	1,761	1,794	1,828	1,862	1,889	1,923	1,957	1,998	2,031	2,065	2,106	2,140	2,180
Guatiguará	Piedecuesta	1,189	1,205	1,230	1,246	1,271	1,287	1,312	1,328	1,353	1,369	1,394	1,418	1,443	1,459	1,484	1,508
San Francisco Bajo	Piedecuesta	0,205	0,209	0,213	0,213	0,217	0,221	0,225	0,230	0,234	0,238	0,242	0,246	0,250	0,254	0,258	0,262

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Tabla 25.** Proyección de residuos Inertes (Ton/mes)

Proyección de residuos Inertes (Ton/mes)																	
Sector	Municipio	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Vijagual	Bucaramanga	0,348	0,359	0,359	0,371	0,371	0,383	0,383	0,394	0,394	0,406	0,417	0,417	0,429	0,441	0,441	0,452
Km. 9 Km.22	Florida	2,279	2,261	2,243	2,208	2,190	2,172	2,154	2,136	2,119	2,101	2,065	2,047	2,030	2,012	1,994	1,976
Ruitoque Bajo	Florida	1,759	1,737	1,737	1,715	1,693	1,671	1,671	1,649	1,627	1,605	1,605	1,583	1,561	1,561	1,539	1,517
Acapulco	Girón	10,523	10,706	10,908	11,091	11,293	11,494	11,696	11,898	12,118	12,338	12,539	12,778	12,998	13,236	13,456	13,694
Chocoita	Girón	1,627	1,657	1,686	1,716	1,746	1,775	1,805	1,834	1,879	1,908	1,938	1,982	2,012	2,041	2,086	2,115
Bocas	Girón	3,753	3,813	3,889	3,950	4,026	4,102	4,178	4,239	4,315	4,391	4,482	4,558	4,634	4,725	4,801	4,892
Guatiguará	Piedecuesta	2,667	2,703	2,759	2,795	2,851	2,887	2,943	2,979	3,034	3,071	3,126	3,182	3,237	3,274	3,329	3,384
San Francisco Bajo	Piedecuesta	0,460	0,469	0,478	0,478	0,487	0,497	0,506	0,515	0,524	0,533	0,543	0,552	0,561	0,570	0,579	0,589

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

➤ **Producción Per Cápita (PPC)**

La Producción Per Cápita, es la cantidad de residuos generada por un habitante al día, expresada en Kilogramos / habitante / día, y para este caso ha sido calculado a partir de la relación existente entre la producción por usuario promedio y el número de habitantes por usuario presentado en la Tabla 25.

**Tabla 26.** Producción Per Cápita

Sector	PPC (kg/hab-día)
Vijagual	0,322
Km. 9 Km.22	0,495
Ruitoque Bajo	0,611
Acapulco	0,509
Chocoita	0,411
Bocas	0,422
Guatiguará	0,511
San Francisco Bajo	0,256

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### 3. MARCO CONCEPTUAL DEL PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL SECTOR RURAL DEL ÁREA METROPOLITANA

#### 3.1. OBJETIVOS Y METAS GENERALES DEL PGIRS

De conformidad con la metodología general para la Formulación de los planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos contenida en la Resolución 1045 de 2003, los objetivos reflejan la situación que desea alcanzarse a partir del Diagnóstico del PGIRS Rural, estableciéndose los siguientes objetivos:

**Tabla 27.** Objetivos y metas generales del PGIRS

OBJETIVO	META GENERAL	PROGRAMA
MINIMIZAR el impacto ambiental negativo, generado por la disposición inadecuada e residuos sólidos en el área rural y promover alternativas de aprovechamiento para la mayor cantidad posible de residuos.	<p>Establecer un sistema técnico de manejo, recolección y disposición final de los desechos, con cobertura rural en el AMB.</p> <p>Aprovechar la potencialidad de los residuos sólidos orgánicos generados en el sector rural.</p>	<b>ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>
OBJETIVO	META GENERAL	PROGRAMA
IMPULSAR un intenso componente de cultura ciudadana, tendiente a promover una mayor responsabilidad social en el manejo y aprovechamiento de los materiales que pueden reciclarse.	Lograr que la comunidad asuma una actitud de responsabilidad en la gestión de los residuos sólidos, que contribuya a la limpieza del área y al desarrollo de la gestión integral de los residuos sólidos.	<b>PROGRAMA EN CULTURA CIUDADANA EN LA GESTION DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS</b>
OBJETIVO	META GENERAL	PROGRAMA
PROMOVER en la gestión integral, todas las actividades que conforman el servicio de aseo, valorarlas eficientemente y procurar su incorporación en el sistema tarifario, mediante escenarios costo – eficientes	Obtener una tarifa eficiente que remunere los distintos componentes del PGIRS, sin superar los límites regulatorios para los usuarios.	<b>VALORACION ECONOMICA DE LOS SISTEMAS DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS</b>

Fuente: Equipo Técnico PGIRS



### 3.2. CONCILIACIÓN DE OBJETIVOS Y METAS CON LAS POLÍTICAS NACIONALES.

Para ilustración sobre la coherencia e integración de los objetivos generales del PGIRS del Área Metropolitana de Bucaramanga con las políticas nacionales, se presenta a continuación un análisis del último documento expedido en el mes de Octubre de 2004 por el Departamento Nacional de Planeación, denominado "Lineamientos de política para un Plan Nacional de Desarrollo Sectorial de Agua Potable y Saneamiento Básico y Ambiental", que busca definir las directrices generales para el sector en los siguientes aspectos.

1. Definición de incentivos a la existencia de una nueva estructura empresarial que permita una mayor eficiencia y calidad en la prestación de los servicios
2. Redefinición de las prioridades de inversión dadas las condiciones de cobertura y calidad alcanzadas, tanto en zonas urbanas como rurales
3. Optimización de los recursos provenientes de las principales fuentes de financiación
4. Diseño de instrumentos para el fortalecimiento de las competencias de las distintas entidades del sector en materia de definición de políticas, regulación, vigilancia y control, y ejecución

En Colombia se generan diariamente cerca de 27.500 toneladas de residuos sólidos de las cuales el 40% se producen en las 4 grandes ciudades capitales; la producción del resto de las capitales departamentales representa el 18.7% del total nacional, y el 40.6 % se genera en los 1054 municipios restantes. Esta producción varía entre 0.3 y 0.9 kg. por habitante al día, dependiendo de las características socioeconómicas de la población.

Los residuos en Colombia son principalmente de carácter orgánico, sin embargo, las características varían de acuerdo con las condiciones geográficas y económicas de la población con tendencia al aumento de la fracción orgánica en las poblaciones de menores recursos y aquellas distantes a las capitales departamentales. El aprovechamiento se da especialmente en pequeños municipios, dadas las facilidades operativas y de organización comunitaria.

Los problemas en el manejo de estos residuos que plantea el documento del DNP, también coinciden con la situación que se presenta en el Área Metropolitana de Bucaramanga, al considera que estos están asociados a:

- La generación creciente de residuos
- Poco compromiso del sector productivo en la generación, manejo y disposición de residuos post-consumo
- Pérdida de potencial de utilización y aprovechamiento de los residuos y a la mezcla en el origen con residuos peligrosos
- Falta de mercados para la comercialización de estos materiales
- No existe cultura ni motivación por el aprovechamiento de los residuos.



El aprovechamiento de los residuos inorgánicos se realiza sin articulación entre las empresas que prestan los servicios de recolección y transporte, las que realizan la transformación de los residuos, los recolectores y los usuarios del servicio, por lo cual la recuperación de estos materiales no se realiza en forma masiva, recuperándose un total de 1950 toneladas diarias, especialmente en el distrito capital (1500 ton / día) y Medellín (400 ton/día) En la actualidad, no se conoce con claridad la oferta y demanda real y potencial de estos materiales. La comercialización del material inorgánico reciclable originado en el sector industrial y comercial la realizan directamente los productores con las empresas recuperadoras, dado que la tarifa del servicio de aseo se establece con base en el volumen de residuos presentados y el aprovechamiento de los residuos conlleva a una menor tarifa.

La cobertura promedio de prestación del servicio de recolección y transporte en el ámbito nacional es del 97% de los residuos producidos. La recolección de los residuos no esta diferenciada de acuerdo con la naturaleza y peligrosidad de los mismos, salvo en algunas ciudades donde los residuos hospitalarios se recogen en forma separada de los residuos de tipo doméstico.

En cuanto a la disposición final de los residuos, se identifica que las principales dificultades en el país, se deben a:

- La dificultad de ubicar sitios que cuenten con la aceptación de las comunidades circundantes.
- La utilización de sitios que no cumplen con los requerimientos técnicos y ambientales.
- La expiración de autorizaciones ambientales.
- La terminación de la vida útil de rellenos sanitarios.

Con las anteriores precisiones, el documento de Política Nacional y en particular el Plan Nacional de Desarrollo “Hacia un Estado Comunitario”, definen una política sectorial fundamentada en tres objetivos generales:

- Continuar el aumento de coberturas en las proporciones fijadas en las metas del milenio.
- Incrementar la calidad del servicio en procura del mejoramiento de la calidad de vida de la población.
- Garantizar la sostenibilidad en la prestación de los servicios públicos.

Estos, se concretan en 8 temas específicos, la mayoría coincidentes con la propuesta del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del Área Metropolitana de Bucaramanga.

1. Sobre indicadores de cobertura
  - a. Incorporación de metas reales en la prestación de los servicios del sector que podrían evaluarse junto con las coberturas nominales
2. Sobre criterios de inversión
  - a. Propender por el mantenimiento y optimización en la operación de los activos existentes bajo principios de eficiencia en la inversión

- Énfasis en el mejoramiento de las condiciones de higiene y salubridad
      - Énfasis en proceso de participación comunitaria en la toma de decisiones y la gestión de los proyectos
      - Soluciones tecnológicas adecuadas en cada caso teniendo en cuenta el estado de arte y ala adopción de mecanismos de cobro ajustados a la capacidad de pago de la población
- a. Reducir la atomización en la prestación de los servicios potenciando ganancias por aprovechamiento de economías de escala y alcance y consolidar la industria sectorial.
    - b. Fortalecer el sistema de información sectorial ampliando el número de prestadores que reporten información que permita la construcción de indicadores confiables en los aspectos técnicos, comerciales, financieros, institucionales y ambientales de estos prestadores, así como su viabilidad empresarial, las economías de escala obtenidas y las perspectivas de sostenibilidad como prestador de los servicios.
    - c. Fomentar empresas comunitarias en zonas rurales y municipios menores.
    - d. Adoptar una metodología para clasificar a los prestadores por niveles de riesgo.
- a. Revisar el esquema de subsidios y contribuciones de modo que se definan alternativas de focalización en función de las necesidades de la población, la capacidad de pago de los usuarios y la disponibilidad de recursos
    - b. Complementar las señales de calidad con la regulación de estándares mínimos de calidad del servicio y en la atención a los usuarios, así como con metodologías de compensación a usuarios por deficiencias en dichas áreas.
    - c. Propiciar espacios de concertación y participación ciudadana en la planificación, ejecución y seguimiento a proyectos.
    - d. Recuperación de los 6 estratos que señala la ley 142 de 1994, pues en la practica la escala se ha reducido a 3 niveles, identificados por tarifas muy similares.
    - e. Expedición de la metodología para el balance subsidios y aportes.
- a. Fortalecer el control a la contaminación bajo parámetros de eficiencia económica
- a. Implementar los instrumentos de seguimiento y retroalimentación de los procesos de acompañamiento que emprendan las entidades del orden

nacional en el sector, así como la articulación de todas las entidades del sector en los distintos niveles territoriales.

7. Sobre la financiación

- a. Inducir un mayor impacto de la utilización de los recursos del sistema general de participaciones del sector y la aplicación de las metodologías tarifarias definidas por la CRA, mediante una mejor definición de los planes de inversión y de la destinación de los recursos.
- b. Propender por un marco regulatorio que incentive la inversión, garantice la recuperación de costos y la suficiencia financiera de los prestadores.

8. Sobre prácticas tarifarias y comerciales.

- a. Formular y adoptar un estatuto comercial que haga transparente la aplicación de las prácticas tarifarias.

Finalmente, es muy grato observar como las ESTRATEGIAS que propone esta Política Nacional son totalmente coherentes con el PGIRS Metropolitano, como quiera que coinciden en los planteamientos básicos, así:

- Se establecerán alternativas viables desde el punto de vista técnico, social, económico, ambiental e institucional, dando prioridad al aprovechamiento de los residuos sólidos que permitan en forma sostenible la vinculación digna del sector solidario y recicladores mediante la incorporación del proceso de reciclaje y transformación en la prestación del servicio público domiciliario de aseo.
- A través de la implantación del plan nacional de reciclaje, se fortalecerán las cadenas de reciclaje con el objeto de garantizar la real incorporación del material aprovechable al ciclo económico productivo, mediante el desarrollo de instrumentos (normativos, incentivos económicos, etc.), fomento de mercados, establecimiento de alianzas estratégicas entre los sectores públicos, consumidores, comercio, recicladores y usuarios del servicio público domiciliario de aseo, con el apoyo del Estado en el ámbito nacional, regional y local, en asistencia técnica, divulgación, capacitación y gestión de recursos.
- Con el propósito de apoyar la modernización de la gestión municipal requerida para lograr la prestación de un servicio eficiente que garantice el aumento de la cobertura y la calidad en los servicios de aseo y la disposición final de los residuos sólidos se desarrollaran estrategias orientadas al fortalecimiento institucional y la gestión empresarial; a la revisión y ajustes del marco normativo del servicio público de aseo y la gestión de los residuos sólidos; a la definición de los incentivos económicos para la ubicación de nuevos sitios de disposición final de residuos; al uso de abonos y acondicionadores obtenidos a partir del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos; minimización y reducción de la generación de residuos; a la priorización de inversiones y definición de fuentes de financiación para el sector; a la armonización en la oferta y demanda de los residuos susceptibles de aprovechamiento y a la promoción del aprovechamiento de los residuos orgánicos.

- La CRA expedirá una nueva regulación tarifaria de los servicios de aseo que pretende establecer incentivos explícitos de eficiencia, definir mecanismos para compartir mejoras en la eficiencia con los usuarios y compatibilizar la regulación tarifaria con los objetivos de la política de manejo integral de Residuos Sólidos. En este proyecto también se incluirán los aspectos relacionados con la definición de factores de producción de residuos sólidos por tipo de usuario. De otra parte, se evaluarán los lineamientos generales, criterios y parámetros para el adecuado funcionamiento de la competencia en el mercado y por el mercado, incluyendo la verificación de la existencia de los motivos o condiciones previas para otorgar áreas de servicio exclusivo en concordancia con las disposiciones de la ley 142 de 1994.

### 3.3. FORMULACION DE OBJETIVOS Y METAS ESPECÍFICAS.

Para cada Programa del PGIRS, se analizaron distintas alternativas y los objetivos y metas específicas que deberían procurarse en la formulación de los Proyectos.

#### **PROGRAMA No. 1. ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS**

En los sectores rurales en estudio, se han tenido en cuenta dos tipos de alternativas para el tratamiento y disposición final de los residuos:

ALTERNATIVA 1. Establecimiento de un sistema de recolección de residuos sólidos generados en el sector rural del AMB, como extensión del servicio público de aseo, sin realizar separación en la fuente.

ALTERNATIVA 2. Establecimiento de un sistema de manejo y aprovechamiento de los residuos generados, minimizando la cantidad de desechos que deben ser dispuesto en un sistema de eliminación final, para lo cual se requiere garantizar la recolección selectiva de residuos.

**Tabla 28.** Programas y metas específicas para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos

PROGRAMA	ALTERNATIVAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	METAS ESPECIFICAS
ALTERNATIVAS DE TRATAMIENTO DE DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS	RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS SIN REALIZAR SEPARACIÓN EN LA FUENTE	<p>Lograr la recolección de los desechos y residuos producidos en el sector rural, garantizando cobertura y continuidad.</p> <p>Vincular a la ciudadanía en la implementación, evaluación y seguimiento del servicio.</p>	<p>Establecer un esquema operativo para el servicio público de aseo que elimine los botaderos clandestinos y las afectaciones ambientales inherentes.</p> <p>Fortalecer la labor ciudadana en el control y participación de la gestión de los servicios públicos.</p>
	SISTEMA DE MANEJO INTEGRAL	<p>Aprovechar la potencialidad de los residuos generados en el sector rural, con alternativas de manejo costo-eficientes.</p> <p>Reducir los costos de la recolección y disposición adecuada de los desechos no aprovechables.</p>	<p>Procesar el 100% de los residuos orgánicos, (Fase II) y establecer un sistema operativo para la recolección de los residuos inertes y reciclables que atienda al sector rural, con una tarifa apropiada.</p> <p>Lograr la vinculación de la ciudadanía en el proceso de selección y correcta clasificación de los residuos.</p>

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

## **PROGRAMA No. 2. CULTURA CIUDADANA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.**

Este programa es el soporte del cambio total en el paradigma de la gestión de los residuos sólidos del sector rural del Área Metropolitana de Bucaramanga. Su importancia es fundamental como motor de ese cambio cultural que deberán asumir los usuarios generadores de los desechos, para aceptar su responsabilidad en la minimización, selección y manejo de los residuos sólidos; así mismo, en las condiciones generales de limpieza de las áreas públicas.

**Tabla 29.** Programa de cultura ciudadana

PROGRAMA	ALTERNATIVAS	OBJETIVO ESPECIFICOS	METAS ESPECIFICAS
CULTURA CIUDADANA EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS	CAMPAÑA DE CULTURA CIUDADANA	Lograr que cada municipio integre en sus actividades de cultura ciudadana la gestión integral de los residuos sólidos en el sector rural.	Adoptar los acuerdos Municipales de sanciones e incentivos a la GIRS.
	LIMPIEZA Y CUIDADO DE VERMAS	Implementar elementos, acciones y controles que permitan mantener las vermas viales.	Desarrollar mecanismos de mitigación del impacto de la disposición de residuos en las orillas de las vías de los diferentes sectores rurales. Realizar la limpieza y mejoramiento de las áreas afectadas por acumulación de escombros y otro tipo de residuos.

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

A continuación, se presenta la relación de los proyectos, con los cuales se desarrolla cada programa, en concordancia con los respectivos objetivos seleccionados. El siguiente capítulo desarrolla los proyectos a nivel de Prefactibilidad.

**Tabla 30.** Proyectos PGIRS Rural

PROGRAMAS	PROYECTOS
ALTERNATIVAS DE TRTAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS.	Ampliación de la cobertura del servicio público de aseo al área rural.
	Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos a través de la metodología de compostaje, lombricultura o porcicultura.
	Recolección de materiales inertes y Comercialización del material reciclable generado en los diferentes sectores rurales del AMB
CULTURA CIUDADANA EN LA GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS	Desarrollo de un programa de separación y clasificación de residuos en la fuente.
	Prevención y control de la disposición inadecuada de escombros y otros desechos sólidos en el sector rural.

Fuente: Equipo Técnico PGIRS



### 3.4. COHERENCIA CON LOS PLANES DE DESARROLLO MUNICIPAL.

En el siguiente apartado se analizan los sectores rurales de cada municipio del Área Metropolitana de Bucaramanga desde la perspectiva del préstamo de los servicios públicos en cada zona, resaltando como principal el servicio de aseo.

#### - Servicios públicos del sector rural Municipio de Girón

La totalidad del sector carece de acueducto tecnificado, existen acueductos veredales, que en época de invierno facilitan la distribución del agua por mangueras, pero en verano ésta debe ser captada directamente de la fuente en vasijas o mediante el sistema de bombeo.

La cobertura de energía eléctrica no llega al 3% de las viviendas rurales, ante lo cual la Empresa Electrificadora de Santander notificó la existencia de proyectos para ampliación del servicio en las veredas Lagunetas, Carrizal, Palmas, Acapulco, Aldea, Chocoíta y Palogordo. La comunidad considera que tales deficiencias se deben al pésimo estado de las redes y al deterioro de los transformadores.

La cobertura del servicio telefónico asciende al 20% y cubre a 4 de las 20 veredas oficiales; así mismo, se encuentran mímicas cantidades de teléfonos comunitarios de las empresas públicas, pero no hay redes para servicio colectivo.

En cuanto al servicio de gas, se presenta el servicio de gas en cilindros, pero en más del 50% de las viviendas se cocina con leña, lo cual acelera el proceso de deforestación en el Municipio. **El servicio de recolección de basuras no se presta en ninguna vereda; se evidencia la falta de conocimientos respecto al manejo que debe dársele a las basuras en el sector rural.**<sup>2</sup>

#### - Servicios públicos sector rural Municipio de Floridablanca

En la zona rural del municipio, el sistema de alcantarillado es inexistente y la cobertura de los acueductos rurales asciende al 34%, los cuales no poseen las especificaciones técnicas requeridas y son administrados por la comunidad. En la vereda el Mortiño existe un acueducto con tubería de PVC y contadores, pero no tiene planta de tratamiento; este acueducto surte a las veredas Helechales, Aguablanca, San Ignacio, Buenavista y al mismo Mortiño, con una cobertura total del 85% de un total de 180 usuarios de este sector. Por su parte, el Valle de Ruitoque posee acueducto con personería jurídica, contadores, tanque, red de PVC, pero igual que el anterior no posee planta de tratamiento; y su cobertura asciende al 60% y se benefician a 300 usuarios. Un tercer acueducto se encuentra en la Mesa de Ruitoque cuya agua proviene directamente del Acueducto Metropolitano y abastece sólo a los residentes de Ruitoque Golf Country Club. Las demás veredas acceden al servicio de agua mediante el sistema de mangueras.

<sup>2</sup> Plan de Ordenamiento Territorial Municipio de Girón



La energía eléctrica en el área rural llega al 100% de las veredas pero su cobertura asciende sólo al 84%. El servicio telefónico en primera instancia fue ofrecido por Empresas Públicas pero debido al alto costo en el primer recibo, este servicio fue devuelto por parte de la comunidad y posteriormente accedieron al servicio inalámbrico ofrecido por Bucatel; en el Valle y Mesa de Ruitoque la cobertura asciende aproximadamente al 90% y en el resto de las veredas al 50%.<sup>3</sup>

**En cuanto a recolección de residuos sólidos, en ningún sector rural del municipio se presta este servicio.**

#### **- Servicios públicos sector rural Municipio de Piedecuesta**

El sector rural presenta una condición generalizada de no tener sistemas de acueducto propiamente implantados, esto es con planta de tratamiento, domiciliarias y con estructura tarifaria definida. Existen captaciones de agua de las mismas fuentes que le ofrece el sistema hídrico, pero éstos no cuentan con condiciones salubres para la población por no tener un tratamiento para su potabilización, por tanto la toma de agua se hace por mangueras.

El sistema de saneamiento no existe en ninguna vereda, solo en casas puntuales algunos pobladores construyen pozos sépticos, pero no tienen ni la cultura, ni la técnica establecida para dar una solución ambiental a esta problemática.

**El tratamiento y disposición final de las basuras se hace generalmente a cielo abierto en todas las veredas, solamente el centro poblado de Tablanca se tiene servicio de recolección por parte de la empresa Piedecuestana ESP.**

El servicio de electrificación rural es cercano al 85%. Sin embargo, este es muy insuficiente en las veredas Umpalá y en sitios puntuales de las veredas La Nevera, Pavas y San Pío.<sup>4</sup>

#### **- Servicios públicos del sector rural Municipio de Bucaramanga**

El sector rural del municipio carece de acueducto tecnificado, existen acueductos veredales, que facilitan la distribución del agua por mangueras. Con respecto al alcantarillado y saneamiento básico, sólo algunas viviendas poseen fosas sépticas como tratamiento a sus aguas negras, pero en general el sector rural no cuenta con este servicio.

La cobertura de energía eléctrica llega a la mayoría de las viviendas con pequeñas excepciones. El servicio telefónico es prestado en casetas de Telecom.

<sup>3</sup> Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial municipio de Floridablanca.

<sup>4</sup> Fuente: Plan de Ordenamiento Territorial municipio de Piedecuesta

Aunque se presta el servicio de cilindro de gas, más del 50% de las viviendas se cocina con leña, lo cual acelera el proceso de deforestación en el Municipio. **El servicio de recolección de basuras se presta solamente en las veredas Vijaqual cada ocho días, las demás veredas carecen de él.**<sup>5</sup>

Aunque en los apartados anteriores se denota claramente que la mayor parte de los residuos sólidos generados en el sector rural del AMB no cuentan con ningún tratamiento para la disposición final, existen algunos sectores que son atendidos por las empresas de Aseo del Área Metropolitana como se reporta en la siguiente tabla:

**Tabla 31** Cobertura del servicio de Aseo en el sector rural del Área Metropolitana de Bucaramanga

Empresa	Municipio	Sectores Atendidos
EMAB	Bucaramanga	Vereda La Malaña
		Vereda El Pedregal
		Parte Baja granjas de Palo Negro
		Vereda El Nogal
		Vereda Vijaqual
		Vereda Rosa Blanca
CIUDAD CAPITAL	Bucaramanga	No atiende el Sector Rural
EMAF	Floridablanca	Ruitoque Bajo
METROASEO	Floridablanca	No atiende el Sector Rural
CARALIMPIA*	Girón	No atiende el Sector Rural
PIEDECUESTANA	Piedecuesta	Barroblanco, La Mata, Tablanca y Mensulí
		Colorados, Nueva Colombia *
LIMPIEZA URBANA	Piedecuesta	Valle de Menzuly (Desde la Bomba San Pedro hasta el Seminario San Alonso).

Fuente: Empresas Operadoras del servicio de Aseo del Área Metropolitana de Bucaramanga

\* Según comunicación del día 09 de Marzo de 2006, la Empresa de Aseo Caralimpia afirma que durante algún tiempo realizó el servicio de recolección de desechos sólidos sin cobro alguno en las veredas Acapulco y Chocoíta.

Entre las principales causas por las cuales los sectores rurales no son atendidos se encuentran: las largas distancias para acceder a éstos, las vías inadecuadas de acceso, la dispersión de las viviendas y la dificultad de pago por parte de los usuarios.

Las frecuencias de recolección del sector rural del AMB varían de 1 a 3 días en la semana y es realizada en vehículos de caja abierta.

<sup>5</sup> Plan de Ordenamiento Territorial municipio de Piedecuesta.



## Análisis presupuestal según Planes de desarrollo

A continuación se presenta un análisis de los contenidos de los Planes de Desarrollo Municipal para la vigencia 2004-2007, los cuales contemplan el programa de Saneamiento Básico y Medio ambiente en relación con el manejo de residuos sólidos, es importante mencionar que los rubros destinados para el desarrollo de estos programas en el sector rural no están discriminados, sin embargo, se presenta a continuación la disponibilidad presupuestal para estos del rubro en mención.

- **Municipio de Floridablanca**

De acuerdo a las políticas estipuladas en el plan de desarrollo municipal de Floridablanca 2004 – 2007, el sector de saneamiento básico y servicios públicos apropió un total de 6.641.063.007 para inversión en el periodo de vigencia. Así mismo, para el año 2005 se tiene presupuestado un rubro cercano a los 6.920 millones de pesos por este concepto y en el 2006 – 2007, se alcanzarán valores aproximados a los 7.000 millones de pesos. A continuación, se presenta la tabla resumen de dichas inversiones.

**Tabla 32.** Disponibilidad presupuestal municipal de Floridablanca 2004 – 2007 el sector de saneamiento básico.

AÑO	TOTAL	RECURSOS ORDINARIOS	SISTEMA GENERAL DE PARTICIPACIONES
2004	6.641.063.007	4.202.381.243	2.438.681.764
2005	6.920.216.908	4.481.535.144	2.438.681.764
2006	7.075.218.908	4.636.537.144	2.438.681.764
2007	7.028.540.940	4.589.859.176	2.438.681.764
<b>Total</b>	<b>27.665.039.763</b>	<b>17.910.312.707</b>	<b>9.754.727.056</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Municipio de Floridablanca

Es importante mencionar, que este monto hace referencia a los recursos provenientes de la nación, a través de la ley 715 del 2001 y los fondos ordinarios generados.

De igual manera, se debe mencionar que las cifras presentadas en la tabla anterior se encuentran en pesos corrientes, por lo cual se puede deducir una disminución en la apropiación de esta partida para el municipio.

Para el caso de los recursos ordinarios, aún cuando registran un comportamiento creciente a lo largo del periodo 2004-2005 (7% y 3% respectivamente), para el último año de la administración municipal se reduce en el 1%.

- **Municipio de Girón**

**Tabla 33.** Disponibilidad presupuestal municipal de Girón 2004 – 2005 el sector de saneamiento básico.

AÑO	SECTOR	PROPIOS	S.G.P	OTROS	INGRESOS ADICIONALES	TOTAL
2004	MEDIO AMBIENTE	52.000.000	411.000.000	100.000.000	40.000.000	603.000.000
2005	AMBIENTE	52.000.000	451.000.000	100.000.000	40.000.000	643.000.000

Fuente: Plan de Desarrollo Municipio de Girón

Conforme a la tabla anterior, en el municipio se apropiaron recursos aproximados a 603 y 643 millones de pesos para los años 2004 – 2005 respectivamente.

La distribución resultante, muestra a las transferencias de la nación cómo la mayor fuente generadora del municipio, seguida de otras fuentes, los recursos propios y finalmente ingresos adicionales.

- **Municipio de Piedecuesta**

De acuerdo a lo consignado en el plan de desarrollo municipal de Piedecuesta 2004 – 2007, al sector de saneamiento básico y servicios públicos se le apropiaron recursos en el rubro de Propósitos Generales.

A continuación se presenta una tabla que muestra los montos presupuestados por la administración municipal:

**Tabla 34.** Disponibilidad presupuestal municipal de Piedecuesta 2004 – 2007 el sector de saneamiento básico.

Año	Propósito general
2004	1.010.776.382
2005	1.030.991.910
2006	1.121.509.356
2007	1.188.799.917
<b>Total</b>	<b>4.352.077.565</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Municipio de Piedecuesta

- **Municipio de Bucaramanga**

De acuerdo a lo contemplado en el plan de desarrollo del municipio de Bucaramanga, en lo correspondiente a los rubros apropiados para la inversión en saneamiento básico y ambiental, se puede observar que se tienen previstos ingresos por concepto de transferencias nacionales, equivalentes a:

**Tabla 35.** Disponibilidad presupuestal municipal de Bucaramanga 2004 – 2007 el sector de saneamiento básico.

AÑO	SANEAMIENTO BÁSICO Y AMBIENTAL
2004	4.943.701.925
2005	5.240.324.041
2006	5.554.743.483
2007	5.888.028.092
<b>Total</b>	<b>21.626.797.541</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Municipio de Bucaramanga

Los valores expuestos en la tabla anterior, se distribuyen de la siguiente manera:

**Tabla 36.** Disponibilidad presupuestal municipal de Bucaramanga 2004 – 2007 el sector de saneamiento básico en forma discriminada.

ENTIDAD	2004	2005	2006	2007
INFRAESTRUCTURA	300.000.000	318,000,000	337,080,000	357,304,800
INVISBU	2,600,000,000	2,756,000,000	2,921,360,000	3,096,641,600
DESARROLLO SOCIAL	200,000,000	212,000,000	224,720,000	238,203,200
SALUD Y AMBIENTE	163,449,299	173,256,253	183,651,628	194,670,726
HACIENDA	1,680,252,630	1,781,067,788	1,887,931,855	2,001,207,766
<b>TOTAL</b>	<b>4.943.701.925</b>	<b>5.240.324.041</b>	<b>5.554.743.483</b>	<b>5.888.028.092</b>

Fuente: Plan de Desarrollo Municipio de Bucaramanga

## 4. DESARROLLO DEL PLAN

### 4.1 ALTERNATIVAS PARA EL APROVECHAMIENTO Y/O LA DISPOSICION FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SECTOR RURAL DEL AMB

En este capítulo se presentan las alternativas para el tratamiento y/o disposición final de los residuos sólidos generados en las zonas rurales identificadas en la tabla 16. de este documento.

En el desarrollo de este capítulo como ya se mencionó, se presentan 2 alternativas para el tratamiento de los residuos:

**ALTERNATIVA 1.** Recolección de la totalidad de los residuos generados en el área rural, sin realizar separación en la fuente, mediante el almacenamiento en cajas estacionarias.

**ALTERNATIVA 2.** Separación en la fuente, generando aprovechamiento de los residuos orgánicos a través de procesos como compostaje, lombricultura y alimento de porcinos. Los residuos reciclables es la recolección serán recogidos en forma separada junto con los residuos inertes para posterior comercialización; por otra parte, los residuos inertes serán dispuestos en el sitio de disposición final del sector urbano del AMB.

#### 4.1.1. Alternativa N° 1

Recolección de la totalidad de los residuos generados en el área rural, sin realizar separación en la fuente, mediante el almacenamiento en cajas estacionarias.

- **Identificación de la problemática**

El análisis brecha presentado en el informe anterior, permitió determinar los impactos causados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el sector rural, creando la necesidad de definir estrategias para el tratamiento de los residuos sólidos de dicho sector.

El manejo y tratamiento de residuos sólidos en el área rural se debe realizar con una visión integral que considere los factores propios de cada sector para asegurar su sostenibilidad y beneficios, evitando la generación de impactos que atenten contra el ambiente y la salud de los habitantes.

Para remediar esta problemática, se plantea la instalación de dispositivos de almacenamiento que garanticen a los usuarios el acceso a este servicio, la continuidad en la recolección y que mejore la calidad de vida de los habitantes del sector.

- **Objetivos**

**Objetivo General**

Formular estrategias técnico – económicas viables para la recolección de los residuos sólidos en el sector rural del Área Metropolitana de Bucaramanga, mediante el sistema de cajas estacionarias.

**Objetivos Específicos**

- ✓ Disminuir los impactos ambientales generados por la disposición inadecuada de residuos sólidos en el sector rural del AMB.
- ✓ Aumentar el sistema recolección de residuos sólidos en los sectores rurales del Área Metropolitana de Bucaramanga mediante la tecnología cajas estacionarias o dispositivos de almacenamiento.
- ✓ Mejorar la calidad de la prestación del servicio de recolección en los sectores rurales del Área Metropolitana de Bucaramanga.

- **Alcance**

El proyecto se formula en un horizonte de evaluación de 15 años, para ocho sectores rurales del Área Metropolitana de Bucaramanga,

- **Descripción técnica del proyecto**

Conforme a la producción promedio de residuos por usuario (PPU) calculados con base en la información registrada en campo y el número de usuarios, se realizó la proyección de generación de residuos en cada uno de los sectores seleccionados. De acuerdo con los porcentajes de aprovechamiento de cada tipo de desecho, se realizaron las proyecciones de volumen y generación de residuos, las cuales fueron presentadas en Capítulo II de este documento.

- **USUARIOS DEL SERVICIO**

En la siguiente tabla se detallan el número de usuarios a atender en cada sector:

**Tabla 37.** Descripción de usuarios por zonas

SECTOR	USUARIOS	PSR× (Ton/mes)	PSR (Ton/semana)	PRSD×× (Ton/día)
Vijagual	30	0,88	0,20	0,01
Km. 9 Km.22	128	5,7	1,31	0,04



SECTOR	USUARIOS	PSR* (Ton/mes)	PSR (Ton/semana)	PRSD** (Ton/día)
Acapulco	574	26,32	6,06	0,20
Chocoita	110	4,08	0,94	0,03
Ruitoque Bajo	80	4,39	1,01	0,03
Guatiguará	145	6,63	1,53	0,05
San Francisco Bajo	50	1,13	0,26	0,01
Bocas	247	9,31	2,15	0,07
Bocas – ESSA*	GP**	6,1	1,40	0,05

\*Bocas – ESSA: Residuos acumulados por la represa de Bocas

\*\* GP: Gran Productor

\*PSR: Producción de Residuos Sólidos

\*\* PRSD: Producción de Residuos Sólidos por Día

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Como se observa en la tabla anterior, la totalidad de los usuarios de las 8 poblaciones se identifican como residenciales, excepto la represa de Bocas, que se clasifica como gran productor. La situación es que si bien existen algunos pequeños negocios que podrían clasificarse como pequeños productores, su participación marginal es mínima en la generación de desechos, razón por la cual no se ha realizado tal discriminación. Por el contrario, el caso de la Represa de Bocas es bien significativo, como se explica a continuación.

La Hidroeléctrica de Palmas, a cargo de la Electrificadora de Santander realiza operaciones de generación de energía sobre el Río Lebrija a través de la Represa de Bocas, ubicada en las proximidades de este sector. Durante los últimos años, la operación de la represa se ha visto afectada por la acumulación de residuos en las compuertas, los cuales impiden el funcionamiento normal de la misma. Con el objeto de superar esta dificultad, la Empresa remueve los desechos periódicamente de forma mecánica disponiéndolos temporalmente para ser devueltos al río. Teniendo en cuenta esta problemática, se propone realizar la recolección de los residuos evacuados en la represa y adicionalmente, atender la necesidad de disposición de los residuos sólidos generados en el sector de Bocas, subsidiando parte del costo del servicio de aseo.

La cantidad de residuos sólidos retenida por el rastrillo mecánico de la represa de Bocas es de 72.5 Ton/año, discriminada de la siguiente manera:

<b>Materia orgánica</b>	90.16 %
<b>Plástico</b>	9.38 %
<b>Metales y vidrio</b>	0.46 %

Fuente: Caracterización de Basuras – Electrificadora de Santander. Año 1997.

### - FRECUENCIA DE LA RECOLECCIÓN

De acuerdo a las condiciones del entorno y teniendo presente la generación de residuos sólidos en éstos sectores, se estipuló una frecuencia de recolección equivalente a 1 vez-semana.

### - VIAJES PARA LA RECOLECCIÓN

Considerando el estimativo de generación de residuos sólidos en la zona, la frecuencia de recolección estipulada (1 vez / semana) y la capacidad del vehículo compactador (8 ton) que se pretende utilizar en la recolección se calcula el número de viajes requeridos para cada escenario.

Con el fin de realizar viajes justificables para la recolección de los residuos en los diferentes sectores, se plantea la recolección de los sitios de la siguiente forma:

**Tabla 38.** Tipo de vehículo a utilizar según sector analizado

Tipo de vehículo	Sectores
Compactador de 8 Ton (16 Yards cúbicas)	Vijagual, ESSA - Bocas, Bocas
	Acapulco, Ruitoque Bajo
	San Francisco Bajo
	Km. 9 Km.22
	Chocoita
	Guatiguará

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### ◆ Número de viajes por semana ( NVSS)

$$NVSS = PRSS / (CV)$$

CV = Capacidad Vehículo.

PRSS = Producción de residuos sólidos en la semana

**Tabla 39.** Número de viajes para la recolección de residuos sólidos

Sector	Volumen de Residuos (Ton/semana)	Tipo de vehículo	No. De viajes por semana
Vijagual, Bocas, ESSA-Bocas	3,76	Compactador 8 Ton	0,47
Km. 9 Km.22	1,31		0,16
Ruitoque Bajo, Acapulco	7,07		0,88

Chocoita	0,94	0,12
Guatigará	1,54	0,19
San Francisco Bajo	0,26	0,03

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Observando la tabla anterior se concluye que para todos los sectores es posible realizar un viaje en la semana, utilizando un vehículo compactador de 8 ton.

#### ❖ **Personal de Recolección**

El número de operarios de recolección se deduce según la cantidad de residuos generados por sector y el vehículo utilizado para realizar la recolección de residuos sólidos, en este caso el número de ayudantes de recolección es de 2 (dos) personas para cada uno de los sectores.

#### - **RUTEO**

Para asignar las rutas de trabajo se consideró la ubicación geográfica de los usuarios y las cantidades producidas por cada una de ellas; a continuación se muestran los resultados obtenidos.

**Tabla 40.** Rutas para la recolección de residuos sólidos generados en los diferentes sectores del Área Rural.

Sectores	Ruta
Bocas	Vijagual, Bocas y ESSA
Km. 9 Km.22	Alto de los padres, Santa Bárbara, Despensas, El Mortiño, Buenavista
Acapulco	Ruitoque Bajo y Acapulco
Chocoita	Chocoita
Guatigará	Altos de Guatigará, Guatigará La Vega, Parcelaciones El Dorado
San Francisco Bajo	San Francisco Bajo

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Teniendo en cuenta las rutas de trabajo asignadas anteriormente, se puede concluir que al realizar la recolección de residuos en el sector Acapulco se podrían recoger los mismos en el sector Ruitoque Bajo y sus sectores aledaños, ya que están ubicados sobre la misma ruta.

Así mismo, los sectores Vijagual, Bocas, ESSA – Bocas, se recogerán en la misma ruta ya que se cuenta con un vehículo de capacidad destinado para este fin (8 Ton 16 yardas).

## - CUARTOS DE ALMACENAMIENTO

Para realizar la operación de recolección de residuos sólidos, es necesario contar con lugares de almacenamiento para disponer temporalmente los residuos sólidos generados mientras pasa el camión recolector; en este planteamiento, se presentan dos opciones para el almacenamiento, la primera, son los cuartos de aseo de 3.0 y la segunda  $m^3$  las cajas de almacenamiento de  $1.85 m^3$  de capacidad. En las siguientes tablas se presentan el número de dispositivos de almacenamiento por sector:

**Tabla 41.** Número de cuartos de almacenamiento por sector

Sector	Cuartos de Almacenamiento
Vijagual	1
Km. 9 Km.22	4
Chocoita	2
Bocas	4
Guatiguará	3
San Francisco Bajo	1

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Según lo anterior, el sector Km. 9 – Km. 22 contará con 4 cuartos de almacenamiento, por tanto los habitantes de la zona deberán acercarse a disponer los residuos en los diferentes sitios de almacenamiento.

**Tabla 42.** Número de cajas de almacenamiento por sector:

Sector	Dispositivos de Almacenamiento
Vijagual	1
Km. 9 Km.22	3
Ruitoque Bajo	2
Acapulco	11
Chocoita	2
Bocas	4
Guatiguará	3
San Francisco Bajo	1

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Según los cálculos realizados, en los sectores de Acapulco y Ruitoque Bajo se requieren 11 y 2 dispositivos, respectivamente para almacenar los residuos, pero en debido a las grandes cantidades de residuos generados, se recomienda realizar la recolección puerta a puerta en esta zona, obviando el sistema de canastas de almacenamiento.

- **ESPECIFICACIONES DE LOS DISPOSITIVOS DE ALMACENAMIENTO:**

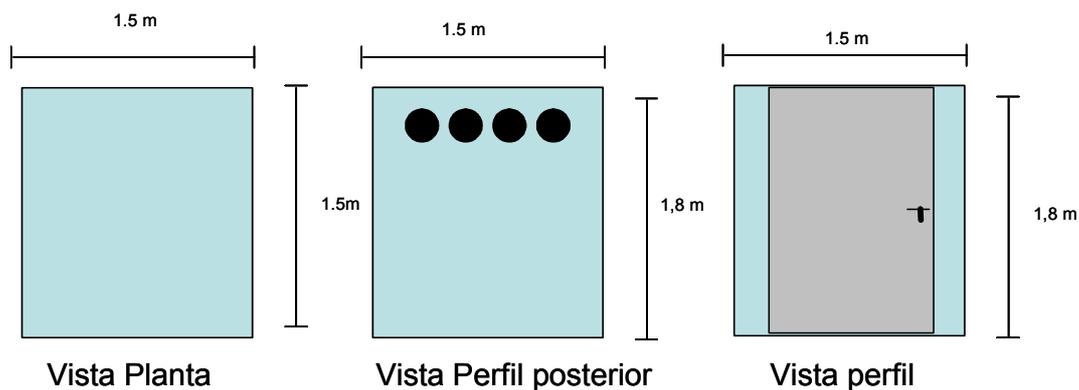
Los dispositivos de almacenamiento contarán con las siguientes especificaciones:

- Paredes enchapadas
- Piso en losa en concreto
- Puerta metálica
- Punto de agua para las labores de limpieza.

Las dimensiones de cada dispositivo, para facilitar las actividades de disposición y limpieza son:

Largo (m)	2.0
Ancho (m)	2.0
Alto (m)	1,8

**Figura 2.** Dimensiones del dispositivo de almacenamiento



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **ESPECIFICACIONES DE LA CAJAS DE ALMACENAMIENTO:**

Los dispositivos de almacenamiento contarán con las siguientes especificaciones:

- Material en malla rígida galvanizada calibre 10,
- Bases en tubos galvanizados de 2" tipo pesado,
- Marco en ángulo abarrotado para soporte
- Tapa en lámina galvanizada calibre 22.
- Toda la estructura estará cubierta con pintura anticorrosivo.
- Vida útil 5 años.

Las dimensiones de cada dispositivo, para facilitar las actividades de disposición y limpieza son:

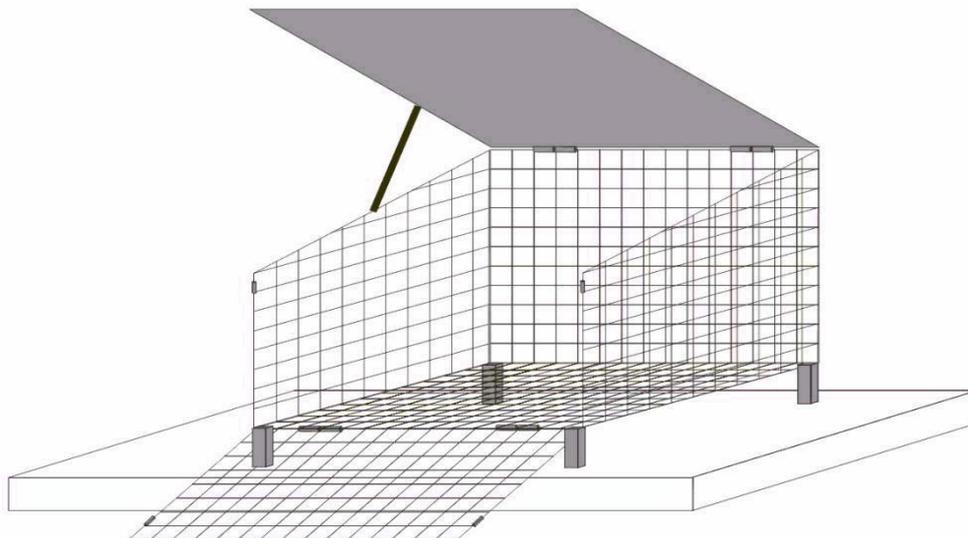
Largo (m)	1.5
Ancho (m)	1.3
Alto (m)	0.8 (frontal) y 1.1 (posterior)

El sistema de almacenamiento mencionado anteriormente deberá cumplir además con las siguientes especificaciones:

- De fácil limpieza del área donde se encuentra ubicada (La limpieza del dispositivo deberá estar a cargo de un delegado por la Junta de Acción Comunal).
- De fácil acceso para los usuarios.
- Su ubicación no deberá causar molestias e impactos a la comunidad.
- Los cuartos deberán ser fumigados periódicamente (mensualmente).
- En caso de presentarse uso inadecuado de los cuartos, es decir, que el uso de éstos se convierta en foco de contaminación, los usuarios podrán expresar su inconformidad ante la Junta de Acción Comunal del sector.

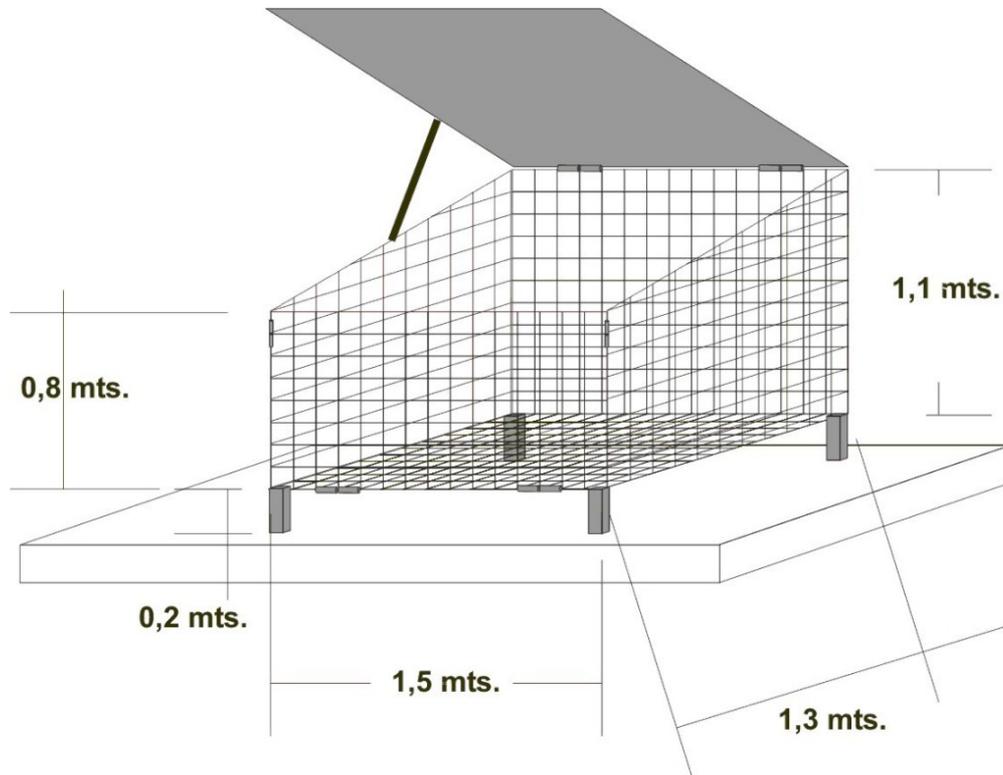
En los lugares donde exista alcantarillado se sugiere construir un canal que comunique las aguas de lavado del cuarto con la alcantarilla.

**Figura 3.** Dispositivo de almacenamiento



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Figura 4.** Dimensiones del dispositivo de almacenamiento



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

#### 4.1.2 Alternativa N° 2

Aprovechamiento de los residuos sólidos partiendo de la separación en la fuente

- **Identificación de la problemática**

El análisis brecha presentado en el informe anterior, permitió determinar los impactos causados por la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el sector rural, creando la necesidad de definir estrategias para el tratamiento de los residuos sólidos de dicho sector.

El manejo y tratamiento de residuos sólidos en el área rural se debe realizar con una visión integral que considere los factores propios de cada sector para asegurar su sostenibilidad y beneficios, evitando la generación de impactos que atenten contra el ambiente y la salud de los habitantes.

- **Objetivos**

### Objetivo General

Formular alternativas técnico – económicas viables para el manejo integral de los residuos sólidos en el sector rural del Área Metropolitana de Bucaramanga.

### Objetivos Específicos

- ✓ Disminuir los impactos ambientales generados por la disposición inadecuada de residuos sólidos en el sector rural del AMB.
- ✓ Mejorar el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el sector rural, mediante mecanismos de minimización y clasificación de materiales en la fuente.
- ✓ Promocionar en la comunidad, la adquisición de conocimientos, actitudes y prácticas, mediante la capacitación técnica y las campañas educativas, en el manejo de residuos sólidos.

- **Alcance**

El proyecto se formula en un horizonte de evaluación de 15 años, para ocho sectores rurales del Área Metropolitana de Bucaramanga

Etapa I: Esta fase está proyectada para el período comprendido entre los años 2.007 y 2.008 (año 0 – año 2), en la cual se espera recuperar un 50% del material reciclable y un 50% de los residuos orgánicos.

Etapa II: Esta fase está proyectada para el período comprendido entre los años 2009 y 2021 (año 3 – año 15), en el cual se espera recuperar un 100% del material reciclable y un 100% de los residuos orgánicos.

- **Descripción Técnica del proyecto**

Esta alternativa se fundamenta en la recolección selectiva de residuos sólidos partiendo de la clasificación en la fuente, consiguiendo el aprovechamiento máximo de los residuos generados en los diferentes sectores. La **clasificación y almacenamiento** de los desechos se logra a través del desarrollo de programas de separación de residuos sólidos y su implementación a través de campañas de cultura ciudadana.

Para realizar la **recolección y transporte** de los residuos se requiere disponer de un vehículo con capacidad suficiente para cada sitio analizado.

El **aprovechamiento** de los residuos se realiza a través de transformación y reciclaje. La fracción orgánica de los desechos vegetales, cueros, papel no recuperable, entre otros, se puede utilizar para la transformación de residuos que implica la alteración física, química o biológica de los mismos generando productos a través del compostaje, la lombricultura u otras alternativas. Por otra parte los materiales potencialmente reciclables son: cartón, vidrio, papel, plástico y metales, en sus diferentes categorías, los cuales serán comercializados a una cooperativa de reciclaje.

Finalmente, el sistema integrado de manejo de los residuos sólidos ordinarios tiene como último elemento la *disposición final* en el relleno sanitario, al cual se llevarían los residuos inertes generados en el sector rural. A continuación se presentan las alternativas de tratamiento para residuos sólidos, partiendo de la separación en la fuente:

**Tabla 43.** Alternativas de tratamiento de residuos sólidos partiendo de la separación en la fuente

Alternativa		
Orgánico	Reciclaje	Inerte
Tratamiento de residuos mediante Planta de compostaje	Los residuos serán almacenados en la estación de transferencia para posterior comercialización a una cooperativa de reciclaje.	Recolección conjunta con el material reciclaje a título de compensación.
Insumo para el programa alimenticio de lombricultura.		
Insumo para el programa alimenticio de porcícolas.		

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Esta alternativa plantea que los residuos inertes sean recogidos por una empresa de aseo la cual realizará la disposición final de este tipo de residuos; por otra parte, el material reciclable será recogido y almacenado en la estación de transferencia para su posterior comercialización a una cooperativa o empresa de reciclaje.

#### - Separación en la fuente

La comunidad se encargará de realizar la separación en la fuente desde sus hogares disponiendo sus residuos en bolsas plásticas ó en cualquier otro recipiente. Este componente se fundamenta en las campañas de cultura ciudadana, que deben ser realizadas por parte de la organización encargada del manejo integral de los residuos sólidos.

Por otra parte, la separación en la fuente representa una serie de ventajas, desde el punto de vista de la recuperación posterior; evita que se contaminen los materiales, que el papel se moje con residuos de comida o que estos se contaminen con metales, de tal manera que se obtenga una mejor calidad del producto reutilizable o reciclable y por lo tanto una mayor posibilidad de uso.

Desde el punto de vista social la separación en la fuente tiene diversas ventajas como la

participación ciudadana y la concientización de la misma en los problemas ambientales y de salud.

Adicionalmente, la clasificación en el origen implica la definición de un número mínimo de categorías de residuos, de tal forma, que le permita al personal encargado (usuario del servicio de recolección y transporte) realizar un mínimo esfuerzo. Es por eso que en este caso los desechos serán presentados como residuos orgánicos, reciclables e inertes. En la siguiente tabla se presenta la descripción de las tres categorías de residuos definidas para la recolección selectiva.

**Tabla 44.** Clasificación de los residuos de acuerdo con sus propiedades o posibilidades de tratamiento y disposición final

Categoría	Características
Materiales Orgánicos	Son todos aquellos residuos orgánicos provenientes de actividades domésticas que son susceptibles de descomponerse biológicamente y que constituyen sustrato para procesos de producción de bioabono. Ej.: restos de alimentos, residuos de poda, plazas de mercado, papel y cartones sucios o contaminados, aserrín y cuero.
Materiales Reciclables	Son aquellos residuos que por sus características físicas se pueden reutilizar o pueden servir como materia prima en procesos para la elaboración de nuevos productos. Ej.: materiales limpios y secos tales como papel de oficina, cartón, vidrio, envases plásticos, plásticos laminados, plásticos desechables, textiles, aluminio y metales ferrosos.
Residuos No Aprovechables	Los residuos con mínima posibilidad de aprovechamiento por su grado de contaminación o mezcla con otros materiales que ocasionaría costos altos para su aprovechamiento. Ej.: llantas, cauchos, papeles sucios, plásticos no reciclables, etc.

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

#### - **RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE**

El sistema de recolección se desarrollará puerta a puerta, entregando los residuos de la siguiente manera:

1. *Residuos orgánicos:* Serán recogidos por la organización encargada del manejo integral de residuos sólidos, una vez en la semana para llevarlos a la planta de compostaje, de lombricultura o a los corrales de porcinos respectivamente (alternativa que sea mas viable según estudio económico y financiero).
2. *Residuos reciclables e inertes:* serán recogidos puerta a puerta y conducidos a la estación de transferencia donde se almacenarán para su posterior recolección por parte de la empresa de aseo.

### - FRECUENCIAS DE RECOLECCIÓN

Las frecuencias de recolección se determinaron con base en el tipo y cantidad de residuo. La recolección de los residuos se realizará una (1) vez al mes, conduciendo los residuos orgánicos al lugar de aprovechamiento y los residuos inorgánicos a la estación de transferencia.

**Tabla 45.** Frecuencias de recolección

Sector	Volumen de Residuos (Ton/mes)	Tipo de vehículo	Nº de viajes por mes
Vijagual, Bocas, ESSA-Bocas	12,36	Compactador 8 Ton	1,55
Km. 9 Km.22	3,48		0,44
Ruitoque Bajo, Acapulco	27,64		3,46
Chocoita	3,66		0,46
Guatiguará	4,07		0,51
San Francisco Bajo	0,70		0,09

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### - VEHÍCULOS DE RECOLECCIÓN

La recolección de los residuos se realizará utilizando diferentes tipos de vehículos con los que cuente la organización encargada, para conducirlos al lugar de tratamiento. En cuanto a los residuos inertes y aprovechables las empresas encargadas utilizarán los vehículos con las especificaciones necesarias para realizar la recolección de los residuos.

#### ❖ Personal de Recolección

El número de operarios de recolección se deduce según la cantidad de residuos generados por sector y el vehículo utilizado para realizar la recolección de residuos sólidos, en este caso tal como en la alternativa anterior el número de ayudantes de recolección es de dos (2) personas para cada uno de los sectores.

#### • Transformación y aprovechamiento de la fracción orgánica

El componente de transformación y aprovechamiento de los residuos se basa en diferentes alternativas para tratar la fracción orgánica y el aprovechamiento del material reciclable.

## - Compostaje

El Compostaje es el proceso biológico, mediante el cual los microorganismos actúan sobre la materia biodegradable, permitiendo obtener un producto denominado compost adecuado para la agricultura. De esta transformación resulta una mezcla orgánica de características importantes, que sitúan al compost en un lugar destacado como mejorador del suelo y soporte fisicoquímico para mejorar la capacidad de retención de agua y otras características que aumentan su fertilidad. El proceso se basa en la actividad de los microorganismos que viven en el entorno, responsables de la descomposición de la materia orgánica, los cuales necesitan de condiciones óptimas en cuanto a nutrientes, temperatura, humedad y oxigenación, tanto para su supervivencia como para su actividad degradante.

### o Características de los Residuos a Compostar

Para la elaboración del compost se emplearán los residuos sólidos orgánicos (residuos de comida, vegetales, jardín y madera) con características específicas que incidan en forma directa en la evolución del proceso y en la calidad del producto final. Las características son las siguientes:

**Tamaño de los Residuos.** Los materiales deben estar bien mezclados y homogenizados, por lo que se recomienda remover materiales extraños (plásticos, vidrio, metales y en general lo no orgánico) y una trituración previa de los restos de cosecha leñosos, ya que la rapidez de formación de compost es inversamente proporcional al tamaño de los materiales. Cuando los residuos son demasiado grandes se corre el peligro de una aireación y desecación excesiva de la pila lo que perjudica el proceso del Compostaje.

**Humedad.** Es necesario conservar el sustrato con la humedad y el oxígeno necesarios, para realizar adecuadamente el proceso de degradación. Esta debe estar entre el 40 y 60% para una compostación adecuada. Esta evaluación se hará de manera empírica.

**Aireación.** Este proceso asegura el oportuno suministro de oxígeno para la descomposición aerobia de los residuos, sin embargo, puede afectar la compostación, ya que al favorecer la evaporación, disminuye el contenido de humedad por debajo de lo necesario.

**Temperatura.** Para obtener un tratamiento eficaz y rápido es conveniente utilizar descomposición termofílica (en esta transformación se generan altas temperaturas, 70°C aproximadamente), especialmente al comienzo del proceso garantiza la destrucción de los organismos patógenos presentes.

### o Descripción del Proceso de Compostaje

En la siguiente figura se muestra el ciclo básico del compostaje para la obtención del mejorador de suelos:

Figura 5. Proceso del Compostaje



**Elaboración de las pilas.** Los residuos sólidos biodegradables se colocan en hileras (pilas alargadas). Las pilas proporcionan buenas condiciones para el compostaje, utilizan los espacios de manera eficaz y posibilitan el volteo y riego. El tamaño de la pila puede utilizarse también para controlar la temperatura y los niveles de humedad.

Las dimensiones de las pilas, se calculan con base en la cantidad de residuos sólidos orgánicos generados. Estas dimensiones se deducen independientemente, para cada una de las etapas definidas para el desarrollo del proyecto. El proceso de compostaje tendrá una duración promedio de ocho (8) semanas. El material recolectado, se depositará en la pila uno (1) durante una semana, a la semana siguiente pasará a la pila dos (2) y el nuevo material será depositado en la pila 1 para evitar problemas por congestión del material y falta de espacio.

La pila de compostaje se elaborará por medio de capas distribuidas así: la primera capa del sustrato es de residuos sólidos triturados, posteriormente se humedece el sustrato con bacterias y por último una capa de cal agrícola. En cuanto a la dosificación de las bacterias se aplica 100 cm<sup>3</sup> por cada tonelada de residuo. Una vez elaborada la pila ésta se cubrirá con un plástico negro calibre No. 6 hasta que se realice el primer volteo para protegerla del sol y del agua.

**Revisión.** Se debe realizar una verificación de la temperatura al inicio del proceso (45°C a 75°C óptimo 55°C) debido a que la temperatura interna es elevada y el material genera un olor fuerte en su interior. Es necesario regarla con agua y mantener una humedad permanente del 60%. Es necesario insertar tubos de PVC de 4" con orificios con el fin de oxigenar la pila y evacuar gases que se generan en la descomposición bacteriana.

**Volteos.** Cuando existe poco oxígeno como puede suceder en el interior de las pilas, el proceso de compostaje se convierte en anaerobio (sin oxígeno); bajo condiciones anaerobias los microorganismos no pueden degradar los materiales rápidamente o de una forma completa, esta da lugar a una desaceleración del proceso y genera olores por la formación de compuestos parcialmente oxidados que también pueden ser tóxicos para las plantas.

Respecto a la aireación y homogeneización de la pila, se puede hacer manualmente procurando en los movimientos de las pilas que el material perteneciente al núcleo de compostaje, pase a formar parte de la corteza y este del núcleo.

**Tabla 46.** Parámetros operacionales para el proceso del compostaje aerobio

ÍTEM	OBSERVACIONES
Tamaño de partículas	2 cm a 5 cm.
Relación C/N*	La relación inicial óptima debe estar entre 25 - 50.
Contenido de humedad	Debe estar entre 50 y 60%. El óptimo es 55%
Temperatura	50 a 55°C durante los primeros días, para el resto deberá ser menor de 66°C para impedir la reducción de la actividad biológica.
Control de patógenos	Hierbas malas, semillas u otros son controlados con una temperatura de 60 a 70°C durante 24 horas.



ÍTEM	OBSERVACIONES
Requisitos de aire	El aire deberá llegar a todas las partes de la pila para conseguir resultados óptimos.
Control de pH	Deberá permanecer dentro del rango de 7 a 7.5 para minimizar la pérdida de hidrógeno en forma de gas amonio. El pH no deberá sobrepasar un valor de 8.5.

\*C/N: Carbono/Nitrógeno

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Zona para extracción y trituración.** En ésta zona se realizará la extracción manual de los residuos sólidos no aptos para el proceso de Compostaje que posteriormente serán llevados a la estación de transferencia. El rendimiento de ésta operación se incrementa optimizando la clasificación de los residuos en la fuente. Esta zona también comprende la actividad de trituración de los residuos biodegradables.

**Patio de Compostaje.** Esta zona esta dividida por un pasillo de un (1) metro en dos filas de pilas y cada fila cuenta con 5 pilas para un total de 10. El área de cada pila varía dependiendo de los volúmenes de residuos sólidos orgánicos que se manejen en cada sector. Ver anexo A.I.1. Dimensiones planta de Compostaje.

**Zona de secado, acabado y empaçado.** El producto que proviene de la compostación se extenderá en esta zona para favorecer la pérdida de humedad, y se tritura para lograr una mejor apariencia del compost. El compost obtenido se empaça en sacos de fibra de 50 Kg., lo cual permitirá ampliar el mercado a los hogares.

**Zona de almacenamiento.** Una vez empaçado el producto se almacenará, procurando que este sitio esté libre de humedad, ya que éste factor puede deteriorar el producto. El almacenamiento de los productos debe hacerse en una zona cubierta.

#### o **Diseño y Construcción de la Planta de Compostaje**

Las instalaciones de la planta de compostaje pueden agruparse en cuatro (4) sesiones: área de trituración, patio de compostaje, área de almacenamiento y empaque. Las dimensiones de las plantas de compostaje de cada sector se calculan para almacenar el volumen de residuos orgánicos generados durante dos (2) meses, correspondiente al tiempo utilizado por los microorganismos para convertir los desechos orgánicos en abono.

La estructura de la unidad de aprovechamiento se recomienda construir en concreto y materiales que permitan condiciones óptimas para el desarrollo de los procesos llevados a cabo dentro de la misma, y que además disminuye los costos de inversión de su construcción, haciendo factible su implementación.

Dentro de las estructuras construidas en material de concreto se encuentran: el patio de compostaje. La delimitación de la unidad se hará en malla, al igual que las entradas; con este material se pretende disminuir los costos de construcción, aumentar la aireación en la unidad y a su vez acelerar el proceso de compostaje.

Las áreas de las plantas de compostaje para cada sector se muestran en la siguiente tabla, de acuerdo con las proyecciones realizadas para cada fase (año 2006 etapa I de construcción y año 2009 etapa II); para el caso de los fracción orgánica se plantearon porcentajes de recuperación del 50% y el 100% respectivamente.

**Tabla 47.** Área de Construcción para plantas de compostaje

SECTOR	PRODUCCION R.S (Kg./semana)		FRACCION ORGANICA APROVECHADA (Kg./semana)		ÁREA PLANTA DE COMPOSTAJE (m <sup>2</sup> )	
	2006	2009	2006	2009	2006	2009
Vijagual	200,22	206,89	84,59	87,414	24,64	6,73
Km. 9 Km.22	1.325,59	1.294,52	560,07	546,947	49,25	28,78
Ruitoque Bajo	1.012,60	987,29	427,83	417,138	42,41	21,85
Acapulco	6.076,54	6.372,95	2.567,39	2692,632	160,71	205,73
Chocoita	936,66	979,23	395,75	413,735	41,76	31,68
Bocas	2.160,07	2.265,01	912,65	956,987	69,99	73,12
Guatiguará	1.535,01	1.598,53	648,56	675,394	55,36	50,07
San Francisco Bajo	264,66	275,24	111,82	116,293	26,05	8,66

R.S. Residuos Sólidos

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para mayor entendimiento en el desarrollo de los cálculos para dimensionar las zonas que conforman la planta de compostaje y las pilas de almacenamiento, se presenta el siguiente ejemplo, sin embargo en el Anexo A.I.1, se presentan los cálculos para cada sector.

<b>Densidad del residuos biodegradable</b>	0.6 Ton/ m <sup>3</sup>
<b>Cantidad de residuos</b>	0.187 Ton/mes
<b>Volumen de residuos</b>	0.312 m <sup>3</sup>
<b>Altura de la pila</b>	1.2 m (fijo)
<b>Numero de pilas</b>	5

El área ocupada por la pila se determina asumiendo que la forma dada al montículo de residuos es similar a un cono truncado, por lo tanto

$$\text{Diámetro del montículo} = 2 \cdot \sqrt{((3 \cdot 0.312) / (3.1415 \cdot 1.2))} = 0.99 \text{ m}$$

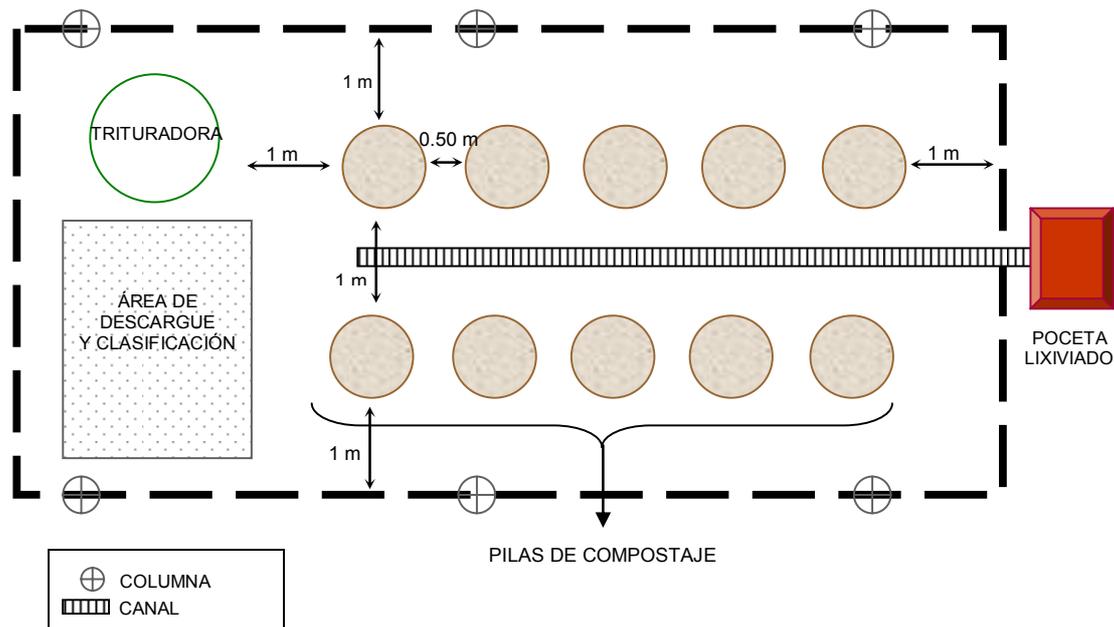
Con el diámetro del montículo y determinando los siguientes espacios libres y asumiendo que se tienen dos (2) filas de pilas en la sección de compostaje, tenemos

<b>Espacio entre pilas</b>	0.5 m
<b>Extremos de la fila de montículos a lo largo</b>	1 m

<b>Pasillo central</b>	1 m
<b>Espacio entre el encerramiento y las pilas</b>	1 m

Este dimensionamiento se observa mejor en el esquema que se presenta a continuación.

**Figura 6.** Esquema tipo de la planta de compostaje.



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Determinados los espacios libres y el número de filas de cinco (5) pilas (para nuestro planteamiento han sido dos), se calcula el área necesaria para el área de compostaje así:

$$\begin{aligned}
 \text{Área necesaria para compostaje} &= \text{ancho} * \text{largo} \\
 &= [3+(2*0.99)] * [4+(5*0.99)] \\
 &= 44.57 \text{ m}^2
 \end{aligned}$$

A esta área se le suma el área para trituración y descarga del material a compostar el cual se ha determinado de 10 m<sup>2</sup> aproximadamente; al sumar estas dos áreas tenemos el espacio total ocupado por la planta de compostaje, para este caso sería:

$$\text{Área de la planta de compostaje} = 54.57 \text{ m}^2$$

- **Requerimientos de Personal, Materiales y Herramientas en la Planta de Compostaje**

Los requerimientos de personal se describen en horas, teniendo en cuenta las etapas en las que está dividido en proyecto, en este sentido, a continuación se presenta una tabla con la cuantificación de las horas de personal operativo de acuerdo a la cantidad de kilogramos de residuos sólidos a aprovechar por semana. Así mismo, los tiempos de operación se encuentran compuestos por las actividades de recepción, clasificación, compostaje, acondicionamiento y almacenamiento.

**Tabla 48.** Número de horas de trabajo necesarias según la cantidad de residuos orgánicos producidos en kilogramos a la semana

Rango (kg/semana)	Horas semana
0	0,00
200	1,00
400	2,00
600	2,00
800	3,00
1.000	3,00
1.200	3,00
1.400	4,00
1.600	4,00
1.800	4,00
2.000	4,00
2.200	5,00
2.400	5,00
2.600	5,00
2.800	5,00
3.000	5,00
3.200	6,00
3.400	6,00
3.600	6,00
3.800	6,00
4.000	6,00
4.200	6,00
4.400	7,00
4.600	7,00
4.800	7,00
5.000	7,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para el cálculo de las horas necesarias de trabajo de los operarios se determinó la siguiente ecuación que se encuentra en función de la cantidad de residuos sólidos generados en kilogramos.

$$y = -0,00000019x^2 + 0,00214710x + 0,8046398$$

Para la operación de la planta de compostaje son necesarias herramientas como son palas, carretillas, guantes, caretas, plásticos y tubos PVC, según las siguientes cantidades para cada uno de los sectores.

**Tabla 49.** Herramientas para la operación de la planta de compostaje

Sector	Nº Palas	Nº Carretillas	Nº guantes y caretas	Plástico calibre (mts)	Tubo PVC (mts)
Vijagual	1	1	4	29,35	162
Km. 9 Km.22	1	1	4	32,26	162
Ruitoque Bajo	1	1	4	31,51	162
Acapulco	2	1	8	42,49	162
Chocoita	1	1	4	31,31	162
Bocas	1	1	4	34,32	162
Guatiguará	1	1	4	32,82	162
San Francisco Bajo	1	1	4	29,53	162

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

El número de palas y de carretillas no se encuentra en función de la cantidad de residuos, se estimaron de acuerdo a la magnitud de las operaciones, estos elementos se reponen cada tres años. Los guantes y caretas se estiman como la dotación necesaria de un operario en un año. El plástico se calcula de acuerdo a las diez pilas de compostaje necesarias en la operación y de acuerdo la cantidad de metros necesarios para cubrir el perímetro de cada pila. Los metros de tubo PVC se determinaron en función de la altura de las pilas y el número necesario de estos por pila.

#### - Lombricultura

La Lombricultura se basa en diversas operaciones relacionadas con la cría y producción de lombrices y el tratamiento de residuos orgánicos para su reciclaje en forma de abonos y proteínas. Es un proceso de descomposición natural, similar al compostaje, en el que el material orgánico, además de ser atacado por los microorganismos (hongos, bacterias, actinomicetos, levaduras, etc.) existentes en el medio natural, también lo es por el complejo sistema digestivo de la lombriz.

En el intestino de la lombriz ocurren procesos de fraccionamiento, desdoblamiento, síntesis y enriquecimiento enzimático y microbiano, lo cual tiene como consecuencia un aumento significativo en la velocidad de degradación y mineralización del residuo, obteniendo un producto de alta calidad. Esta transformación hace que los niveles de pérdida de nutrientes como nitrógeno, potasio, etc., sean mínimos con relación a los sistemas tradicionales de compostaje, el resultado son dos productos de alta calidad: el humus y las lombrices.

**Humus de lombriz.** Las lombrices de tierra son de una gran importancia económica, porque con su actividad cavadora de tierra, en su estado natural, participan en la fertilización, aireación y formación del suelo, por su efecto marcado sobre la estructuración del mismo, debido a la mezcla permanente y el reciclaje de bases totales, como el calcio, el cual sustraen de las capas más profundas del suelo hacia la superficie. Las lombrices ingieren diariamente una cantidad de comida equivalente a su propio peso y expelen el 60% transformado en humus de lombriz o vermicompost, que es un abono orgánico prácticamente insuperable, que puede incrementar hasta en un 300% la producción de hortalizas y otros productos vegetales. Una lombriz produce diariamente unos 0.3 gr de humus, con lo que en pequeñas superficies se pueden obtener grandes cantidades de humus.

El Humus tiene un aspecto similar a la tierra, suave, ligero e inodoro, tiene altos contenidos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y micro elementos en cantidades al menos cinco veces superiores a las de un buen terreno fértil. Como abono orgánico tiene un alto valor nutritivo, pero lo más importante es la alta disponibilidad de los nutrientes para las plantas. El análisis microbiológico del humus indica una importante carga bacteriana, que le confiere una elevada actividad biológica, especialmente compuesta por grupos de microorganismos ya presentes en el suelo, por lo que además es un excelente inoculador de vida. Cuando las lombrices digieren los sustratos biodegradables, una gama completa y balanceada de colonias microbianas nativas se agregan a estos materiales, las cuales mantienen su viabilidad y se convierten en los responsables de la disponibilidad de nutrientes para las plantas. En el humus también encontramos enzimas, ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, huminas y ulminas, que permiten mejorar la estructura del suelo, debido a que actúan como cementantes de unión entre las partículas del suelo, dando origen a estructuras granulares uniformes que permiten un óptimo desarrollo radicular, mejora el intercambio gaseoso, aumenta la oxidación de la materia orgánica y por ello la disponibilidad de nutrientes en formas asimilables, estimulando así el crecimiento vegetal.

Su adecuada relación carbono/nitrógeno lo diferencia de la mayoría de los abonos orgánicos, permitiendo una mejor disponibilidad de nitrógeno para la planta, reduciendo también su lixiviación. El humus de lombriz se puede utilizar tanto en forma sólida como líquida, siendo particularmente importante su aplicación en la preparación de suelos y producción de hortalizas, frutales o flores ornamentales. Tiene también otros usos más específicos, como en jardinería y campos para practicar deportes como golf, fútbol, etc.

**Lombrices.** La especie más utilizada es la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), lombriz que consume diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica como medio de vida y alimentación, por lo que no sobreviven mucho tiempo en suelos con bajos porcentajes de materia orgánica. Aunque un mismo individuo tiene ambos sexos se reproduce por fertilización cruzada, donde ambos ponen un capullo, llamado cocón, cada 10 - 30 días. Cada capullo contiene de 2 a 10 lombrices que emergen a los 21 días, siendo individuos juveniles, que no podrán reproducirse hasta los 3 - 4 meses, cuando pasan a ser adultas.

• **Características del Humus**

- Incrementa la disponibilidad de Nitrógeno, Fósforo y Azufre, fundamentalmente Nitrógeno.
- Incrementa la eficiencia de la fertilización, particularmente Nitrógeno
- Estabiliza la reacción del suelo
- Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción
- Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

Propiedades físicas del humus:

- Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados, compactos y ligosos de los suelos sueltos y arenosos, por consiguiente mejora su porosidad.
- Mejora la permeabilidad y ventilación.
- Reduce la erosión del suelo
- Incrementa la capacidad de retención de humedad
- Confiere un color oscuro en el suelo ayudando a la retención de energía calorífica.

En lo que se refiere a la biología:

- El lombrihumus es fuente de energía la cual incentiva a la actividad microbiana.
- Al existir condiciones óptimas de aireación, permeabilidad, pH y otros, se incrementa y diversifica la flora microbiana. (Tineo, 1993).

Las condiciones ambientales para un óptimo desarrollo de las lombrices son:

- **Humedad.** Será del 70% para facilitar la ingestión de alimento y el deslizamiento a través del material. Si la humedad no es adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz. Las lombrices toman el alimento succionándolo, por tanto la falta de humedad les imposibilita dicha operación. El exceso de humedad origina empapamiento y una oxigenación deficiente.
- **Temperatura.** El rango óptimo de temperaturas para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25° C; y para la formación de cocones entre 12 y 15° C. Durante el verano si la temperatura es muy elevada, se recurrirá a riegos más frecuentes, manteniendo los lechos libres de malas hierbas, procurando que las lombrices no emigren buscando ambientes más frescos.
- **pH.** El pH óptimo es 7.
- **Riego.** Los sistemas de riego empleados son el manual y por aspersión. El manual consta de una manguera de goma de características variables según la función de los lechos. Por su sencillez es muy difundido pero requiere un trabajador

dedicado exclusivamente en esta labor. El riego por aspersión requiere mayor inversión, habiendo diversas modalidades según su disposición en los lechos. Si el contenido de sales y de sodio en el agua de riego son muy elevados darán lugar a una disminución en el valor nutritivo del vermicompost. Los encharcamientos deben evitarse, ya que un exceso de agua desplaza el aire del material y provoca fermentación anaeróbica.

- **Aireación.** Es fundamental para la correcta respiración y desarrollo de las lombrices. Si la aireación no es la adecuada el consumo de alimento se reduce; además del apareamiento y reproducción debido a la compactación. A continuación se presentan los indicadores de calidad del humus de la lombriz:

**Tabla 50.** Algunos indicadores de calidad del humus de lombriz

Parámetro	Rango
PH	7 a 7,3
Materia orgánica	50 a 60%
Humedad	45 a 47%
Nitrógeno	2 a 3%
Fósforo	1 a 1,5%
Potasio	1 a 1,5%

Fuente: Sardi Coral, Luís. 1991. La lombricultura y el humus de lombriz en agroquímicos. Problema Nacional Políticas y Alternativas.

- **Descripción del Proceso**

Las etapas implícitas para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos por medio de la lombricultura se denotan a continuación:

- Selección y separación de los residuos
- Trituración de los desechos biodegradables, en esta etapa se obtiene: Mayor área superficial y mayor calidad del producto final.
- Procesos de fermentación, fomentándose el desarrollo de bacterias que la temperatura hasta 70°C.
- Maduración del producto<sup>6</sup>.

En el siguiente gráfico se ilustra en ciclo productivo para la obtención del lombricompost:

<sup>6</sup> SORANGEL M. Fredy. Diseño de una Planta Piloto para el tratamiento de residuos sólidos por medio de reciclaje, compostación y lombricultura. 1995.

Figura 7. Ciclo para la obtención del lombricompost



- **Diseño y Construcción de una Planta de Lombricultura**

Las pilas para la lombricultura se pueden construir de ladrillos, madera, cemento o de otro material conveniente y económico. Los lechos no deben tener una profundidad de más que 50 cm., para evitar que ocurran condiciones anaeróbicas. De la misma manera, deben tener un ancho no mayor que 1 m para el mantenimiento y la operación de la planta. El largo de los lechos es técnicamente sin importancia, sin embargo, para este caso se sugiere que este sea de 1m. A continuación se presenta el cálculo de la cantidad de pilas necesarias para el tratamiento de los residuos orgánicos mediante la lombricultura:

<b>Densidad del residuos biodegradable</b>	0.6 Ton/ m <sup>3</sup>
<b>Cantidad de residuos</b>	0.187 Ton/mes
<b>Volumen de residuos</b>	0.312 m <sup>3</sup>
<b>Ancho del lecho</b>	1.0 m (fijo)
<b>Profundidad del lecho</b>	0.3 m (fijo)*
<b>Largo del lecho</b>	1.0 m (fijo)

\* La altura del lecho puede variar de 0.2 a 0.5 m, para este diseño se tomó una altura de 0.3mts.

Teniendo en cuenta que el sustrato ha sido compostado durante un mes, el volumen de los residuos se disminuye en un 50%, por esta razón se toma la mitad del volumen inicial:

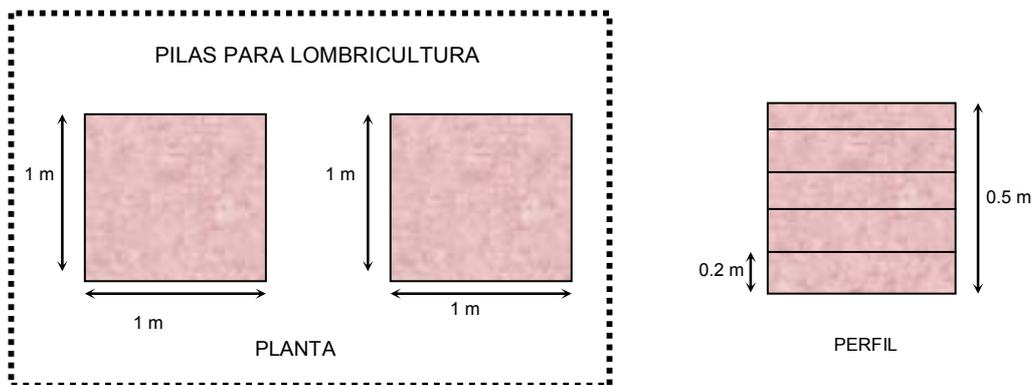
<b>Volumen de residuos a disponer en el lecho</b>	$0.312/2 = 0.156 \text{ m}^3$
<b>Cantidad de módulos</b>	$0.036/0.3 = 0.52$ aproximando = 1 pila

La cantidad de pilas necesarias para realizar la siembra de las lombrices durante un mes es una (1), sin embargo, el tiempo promedio necesario para obtener humus es de 2 meses, por lo tanto, se hace necesario duplicar el número de pilas, para este caso serían 2.

Para calcular la biomasa necesaria, se utiliza la siguiente relación:

1Kg de lombrices consumen 18Kg de sustrato en dos meses  
Según lo anterior, para 93.73Kg/mes de residuos se necesitan 5.21 Kg de lombrices.

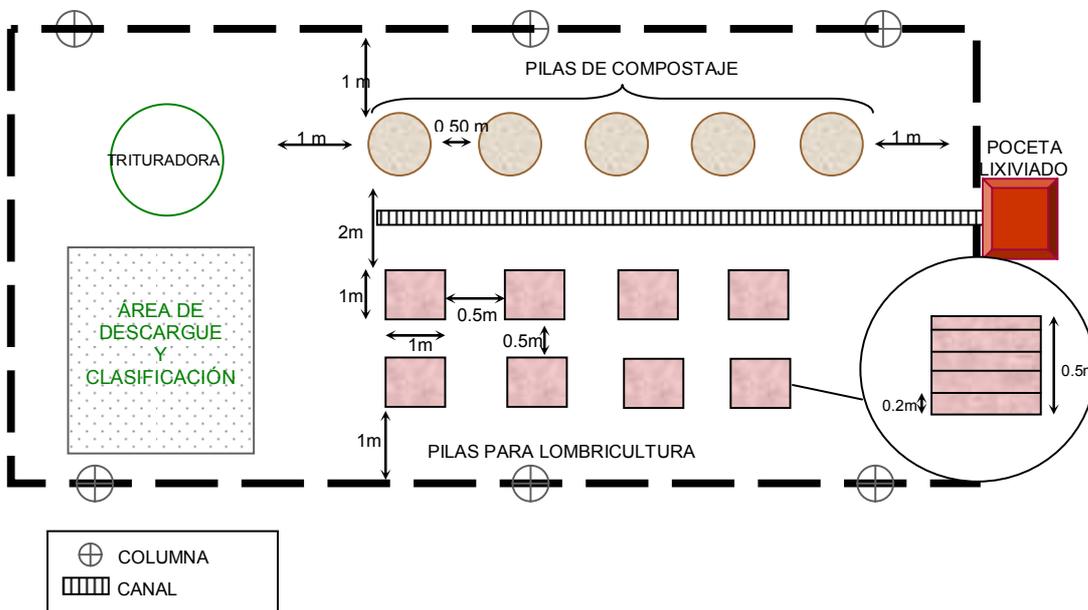
**Figura 8.** Diseño de Piletas para lombricultura



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

*Dimensiones de pilas para lombricultura de acuerdo con las proyecciones de residuos sólidos para los diferentes sectores rurales del AMB*

**Figura 9.** Esquema tipo de la planta de lombricultura.



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

A continuación se presentan las áreas requeridas para la construcción de las plantas de lombricompost, de acuerdo con la proyección de residuos sólidos y las diferentes etapas del proyecto (corto y largo plazo).

**Tabla 51.** Área de Construcción para pilas de lombricultura

SECTORES	PRODUCCION DE RESIDUOS ORGANICOS (TON/MES)		VOLUMEN LECHO (m <sup>3</sup> )		NO. DE PILAS	
	2006	2009	2006	2009	2006	2009
Vijagual	0,187	0,379	0,156	0,316	2	3
Km. 9-Km.22	1,241	2,374	1,034	1,978	7	14
Ruitoque Bajo	0,948	1,810	0,790	1,509	6	11
Acapulco	5,689	11,686	4,741	9,738	32	65
Chocoita	0,877	1,796	0,731	1,496	5	10
Bocas	2,022	4,153	1,685	3,461	12	24
Guatiguará	1,437	2,931	1,198	2,443	8	17
San Francisco Bajo	0,248	0,505	0,206	0,421	2	3

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

En la tabla anterior, se observa que para el año 2009, será necesario duplicar el número de pilas en los sectores como Km. 9- Km. 22, Ruitoque Bajo, Acapulco, Chocoita, Bocas y Guatiguará. Los cálculos específicos para cada uno de los sectores se detallan en el Anexo A.I.2.

○ **Requerimientos de Personal, Materiales y Herramientas en Lombricultura**

Los requerimientos de personal se describen en horas, teniendo en cuenta las etapas en las que está dividido en proyecto, en este sentido, a continuación se presenta una tabla con la cuantificación de las horas de personal operativo de acuerdo a la cantidad de kilogramos de residuos sólidos a aprovechar por semana. Así mismo, los tiempos de operación se encuentran compuestos por las actividades de recepción, clasificación, pre-compostaje, acondicionamiento y almacenamiento.

**Tabla 52.** Número de horas de trabajo necesarias según la cantidad de residuos orgánicos producidos en kilogramos a la semana

Rango (kg/semana)	Horas semana
0	0,00
200	4,00
400	8,00
600	11,00

Rango (kg/semana)	Horas semana
800	15,00
1.000	18,00
1.200	21,00
1.400	25,00
1.600	28,00
1.800	31,00
2.000	34,00
2.200	38,00
2.400	41,00
2.600	44,00
2.800	47,00
3.000	50,00
3.200	54,00
3.400	57,00
3.600	60,00
3.800	63,00
4.000	66,00
4.200	69,00
4.400	73,00
4.600	76,00
4.800	79,00
5.000	82,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para el cálculo de las horas necesarias de trabajo de los operarios se determinó la siguiente ecuación que se encuentra en función de la cantidad de residuos sólidos generados en kilogramos.

$$y = -0,00000019x^2 + 0,0171419x + 0,8046398$$

Para la operación de la planta de lombricultura son necesarias herramientas como son palas, carretillas, módulos y lombrices semilla en kilogramos, según las siguientes cantidades para cada uno de los sectores.

**Tabla 53.** Materiales y herramientas para la operación de lombricultura

Sector	Nº Palas	Nº Carretillas	Lombriz semilla a comprar (Kg/año)	Nº de módulos
Vijagual	1	1	20,40	2

Sector	Nº Palas	Nº Carretillas	Lombriz semilla a comprar (Kg/año)	Nº de módulos
Km. 9 Km.22	1	1	133,63	10
Ruitoque Bajo	1	1	103,16	8
Acapulco	2	2	617,06	38
Chocoita	1	1	95,42	6
Bocas	1	1	220,05	14
Guatiguará	1	1	156,37	10
San Francisco Bajo	1	1	26,96	2

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

El número de palas y de carretillas no se encuentra en función de la cantidad de residuos, se estimaron de acuerdo a la magnitud de las operaciones, estos elementos se reponen cada tres años. Los módulos se encuentran en función de la cantidad de residuos aprovechados y deben ser repuestos cada tres años. La cantidad de lombrices semilla se calcula de acuerdo a la cantidad de residuos sólidos orgánicos disponibles para alimentarlos, donde en una año se requiere de 18 kilogramos de sustrato para un kilogramo de lombrices semilla.

#### - Crianza de Porcinos con Residuos Orgánicos

La crianza de porcinos con residuos sólidos orgánicos ha sido poco investigada e implementada y, en algunos casos, mal entendida. En países como Estados Unidos, Alemania y Cuba la crianza controlada de porcinos con residuos sólidos orgánicos es una práctica de larga trayectoria y se realiza bajo estrictas medidas de higiene y criterios sanitarios. De lo contrario, resulta de alto riesgo para la salud de la población y se puede convertir en una fuente de contaminación ambiental.

Se ha demostrado que los residuos sólidos orgánicos constituyen una fuente alimenticia relevante para los porcinos y compite con los alimentos balanceados que usa la crianza comercial de estos animales. El siguiente cuadro muestra algunos índices comparativos entre la crianza de porcinos con residuos orgánicos tratados y con alimentos balanceados.<sup>7</sup>

**Tabla 54.** Comparación entre la crianza de porcinos con residuos sólidos tratados y con alimentos balanceados

Descripción	Tipo de alimento	
	Residuo orgánico tratado	Balanceado
No. de crías promedio por parto	8	9

<sup>7</sup>Fuente: Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. CEPIS

Peso promedio al nacer (kg.)	1.2	1.2
Peso promedio en 42 días (kg.)	8.4	8.5
Peso promedio en 77 días (kg.)	17.1	18.3

Fuente: Rembold y Zolezzi, IDMA, 1989. Kalinosky, Moreno, 1988. Mundo Porcino. Enero- julio, 1989. OACA. 1992. Manual de tecnología apropiada para el manejo y tratamiento de residuos sólidos.

El punto crucial de la crianza de porcinos con residuos orgánicos es la cocción de estos desechos y la adición de algún suplemento nutritivo para garantizar una dieta correcta. La cocción asegura la calidad de la crianza de porcinos y protege la salud de la población. La alimentación de porcinos con residuos orgánicos incluye las siguientes etapas: producción de residuos orgánicos, recolección y transporte, selección y cocción, distribución de los alimentos tratados y consumo del residuo tratado.

**Recolección y transporte.** La recolección y transporte se debe realizar en vehículos destinados exclusivamente a tal fin; pueden ser triciclos o carretas acondicionadas. La capacidad de los vehículos dependerá del volumen que se produce en la fuente, estableciéndose una frecuencia de recolección diaria. De preferencia, los residuos sólidos orgánicos se deben transportar en pequeños contenedores de plástico, de 40 a 60 litros y con tapas herméticas.

**Selección y cocción de los residuos sólidos orgánicos.** Antes de cocinar los residuos orgánicos es necesario verificar que no existan materiales que puedan atentar contra la salud del cerdo o los equipos que se utilicen para el acondicionamiento del alimento, pues es común encontrar tenedores, cuchillos, envases de alimentos, servilletas de papel, etc. La cocción de los residuos sólidos orgánicos es de suma importancia por dos motivos:

- Favorece la digestión del alimento
- Reduce la contaminación del alimento por agentes patógenos.

En la mayoría de los casos es necesario agregar agua al alimento para facilitar su cocción y posterior distribución. La cantidad de agua depende de la consistencia del residuo orgánico y del sistema de mezcla del alimento.

Se recomienda mantener el punto de ebullición por 10 minutos. En algunos casos se han observado buenos resultados con el uso de recipientes de 200 litros. Se usan cocinas industriales de kerosene o petróleo.<sup>8</sup>

**Distribución del alimento cocido.** La distribución del alimento depende de la disposición de los corrales y puede tener un flujo constante desde el punto de cocción a través de tuberías cerradas o canales abiertos con suficiente pendiente. En este caso, es

<sup>8</sup> Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. P. 46. CEPIS.

imprescindible que el alimento tenga la suficiente cantidad de agua para facilitar su transporte. Si la instalación de tuberías o canales resulta costosa, la distribución se puede realizar mediante carritos, carretillas y baldes, en cuyo caso se requerirá más personal.

**Consumo del alimento.** El consumo promedio de alimento seco varía de 4 a 5% del peso del animal vivo. Este valor se correlaciona con la humedad del residuo orgánico para conocer el consumo de alimento por Kg. de animal vivo. Como dato práctico se menciona que se debe suministrar al cerdo una ración diaria equivalente a 20-25% del peso del animal vivo, sin embargo, las exigencias alimenticias varían según la edad y estado del animal.

**Reciclaje de desechos porcinos.** El estiércol y otros sub-productos orgánicos provenientes de la crianza de porcinos pueden convertirse en fuente de contaminación y reducir el área útil de la granja. Para optimizar la granja de porcinos se puede reciclar los diversos sub-productos orgánicos que se generan. En la siguiente tabla se muestran las principales alternativas de reciclaje asociadas con la crianza de porcinos. El control de moscas y otros insectos se puede realizar con la crianza de aves de corral (en particular patos) que al alimentarse de los insectos consumen una buena cantidad de proteínas.<sup>9</sup>

**Tabla 55.** Alternativas de aprovechamiento de sub-productos orgánicos de la crianza de porcinos

Sub-producto orgánico	Alternativa de reciclaje	Comentario
Estiércol acuoso	Biodigestión	El biodigestor anaerobio produce metano que se puede emplear para la cocción de los residuos orgánicos
Estiércol sólido	Lombricultura	El estiércol mezclado con restos de cosechas o paja, pre-compostado (15 días), es un excelente alimento para lombrices
Restos de alimentos no consumidos	Compostificación	Alimentos remanentes que no han sido consumidos

Fuente: Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. CEPIS.

▪ **Composición de las Excretas (Porquinaza)**

La composición de las excretas determina el valor de la misma, tanto para usos agrícolas, pecuarios y/o industriales. De la misma forma es imprescindible conocer los factores que afectan directamente su composición, ya sea en su calidad y cantidad, las cuales a su vez se verán afectadas por el tipo de alimento, el animal mismo y el tipo de instalaciones que condicionará su manejo:

- **El alimento:**

- a) Cantidad de alimento
- b) Composición del alimento (Sist. de formulación)

<sup>9</sup> Guía para el manejo de residuos sólidos en ciudades pequeñas y zonas rurales. P.44

- c) Calidad del alimento (Sist. de formulación)
  - d) Estado del alimento
- **El animal:**
    - a) Estado de salud animal
    - b) Hábitos alimenticios
    - c) Edad del animal
    - d) Actividad productiva del animal
    - e) Etapa fisiológica
  - **Manejo e instalaciones**
    - a) Condiciones bajo las cuales se produce el estiércol
    - b) Duración y condiciones de almacenamiento
    - c) Tipo de instalaciones (piso sólido; piso de rejilla, etc.)

Típicamente se pueden encontrar cantidades variables de los diferentes nutrientes; sin embargo, existen constantes que dan ciertas cualidades deseables al estiércol porcino. Las fracciones más importantes que se pueden encontrar en los reportes son el extracto libre de nitrógeno (ELN) y la proteína cruda (PC) debido a su posibilidad de reutilización como nutrientes para el ganado y para el suelo; también es importante la fibra cruda (FC) como nutrimento animal o como mejorador de suelo. En conjunto, estos elementos hacen un gran aporte de materia orgánica a los suelos agrícolas, lo mismo que la gran cantidad de cenizas, cuya composición en el caso del estiércol porcino resulta de gran interés para el agricultor.

**Tabla 56.** Composición nutritiva de excretas porcinas

Concepto	%
Materia Seca	26.43
Proteína Cruda	15.87
Extracto Etéreo	4.69
Fibra Cruda	17.52
Cenizas	12.05
Extracto Libre de Nitrógeno	49.87
Calcio	.61
Fósforo	1.36
Nutrientes digestibles totales	71.20

Fuente: Cobos, P.M. 1987. Evaluación nutricional de ensilado a base de estiércol, melaza y rastrojo de maíz en la alimentación de ovinos. Tesis de Maestría en ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Ganadería Chapingo, México.

- **Sistemas de descontaminación productiva**

Los sistemas de descontaminación productiva tienen como principal característica el que tratan de extraer al máximo la energía, materia orgánica y nutrientes presentes en las aguas residuales mediante diferentes procesos físicos y biológicos. Al extraer estos recursos se logra que en cada paso, el agua vaya recuperando paulatinamente su calidad. Uno de los pasos finales posibles es el uso de las aguas parcialmente procesadas para el abonamiento de cultivos y/o praderas.

**Biodigestores.** Los biodigestores hacen parte de los sistemas anaeróbios, en ellos los residuos son sometidos a una fermentación anaerobia de la cual se obtiene un gas que posee en promedio un 66% de metano y puede ser empleado como combustible para cocción de alimentos, calefacción de instalaciones y funcionamiento de motores y calderas.

Además, el efluente resultante del proceso no pierde sus propiedades como fertilizante pues los nutrientes no disminuyen su disponibilidad o ésta aumenta como en el caso del nitrógeno. En el paso a través de los biodigestores la contaminación se reduce hasta en un 80% en las condiciones locales. El efluente resultante del proceso de biodigestión puede ser empleado en el abono de cultivos o pasturas o si no existe el área para irrigar, se debe tratar mediante el cultivo de plantas acuáticas.

**Aplicaciones a nivel de campo:**

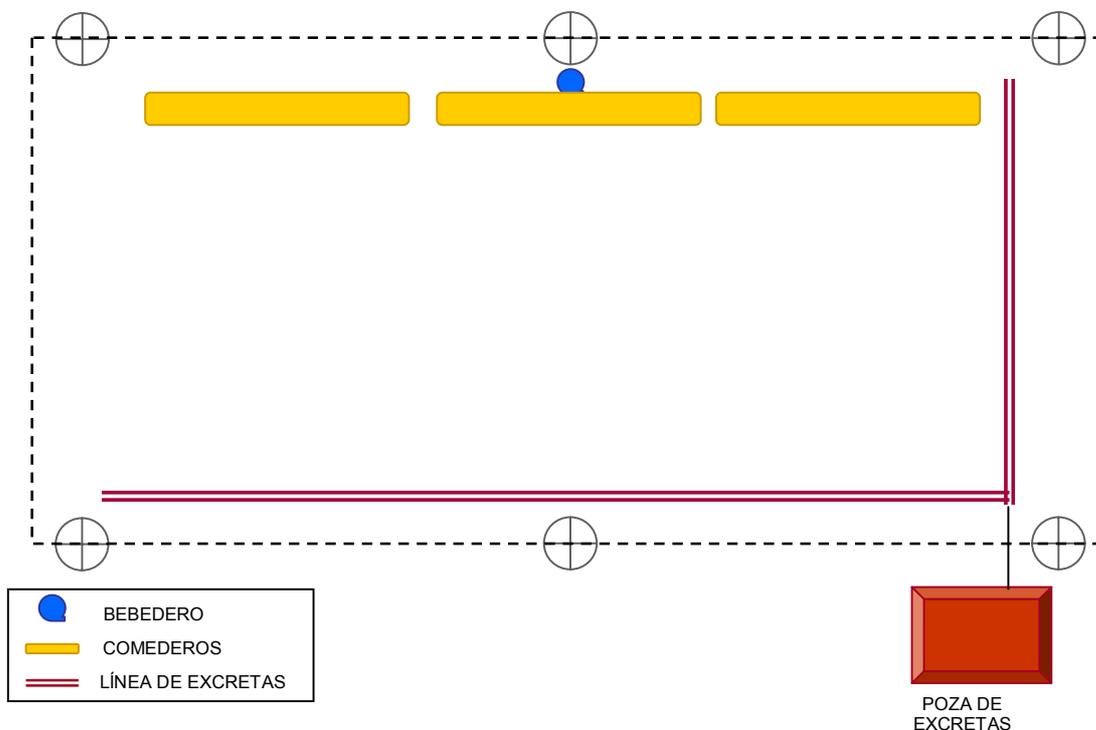
- *Uso de biogás:* El biogás puede usarse directamente en quemadores como estufas, lámparas de gas, refrigeradores etc., o bien puede utilizarse como combustible en máquinas de combustión interna.
- *Características y usos del bioabono:* La fermentación anaeróbica de la materia orgánica produce un residuo orgánico de excelentes propiedades fertilizantes.

**Compostaje y Vermicompost.** En el apartado Transformación de la Materia Orgánica se analizan las características y propiedades del compostaje y el vermicompost.

- ***Especificaciones Técnicas para el Diseño y Construcción de un Corral para Porcinos***

Para la realización de este proyecto se tendrá en cuenta el sistema de producción levante y ceba de porcinos, adquiriendo los porcinos entre 20 y 25 Kg. y comercializándolos a los 100 Kg. Para la obtención de porcinos con estas características se requiere un horizonte de 6 meses, teniendo en cuenta que la ceba con alimento orgánico es más demorada que la misma con alimento concentrado.

**Figura 10.** Corral para levante y ceba de cerdos



**Especificaciones de los corrales.** La ubicación de los corrales debe realizarse teniendo en cuenta que debe estar lo más alejada posible de otras granjas de cerdo. Se recomienda que no existan otras granjas de porcinos como mínimo a 3 Km. a la redonda, ya que considera que es una distancia que no pueden recorrer los posibles vectores de enfermedades.

**Especificaciones de construcción.** El sistema de producción en Cama Profunda, es una alternativa principalmente para pequeños y medianos productores porcinos. Originario de la China y adoptado en Europa desde 1980, consiste en engordar los porcinos sobre camas de material absorbente, que no produzca desechos (sólidos o líquidos) fuera del galpón. Cuando las camas son retiradas, son compostadas y usadas como fertilizantes o enmiendas agrícolas, completando un ciclo natural que no agrede al medio ambiente.<sup>10</sup> A continuación se presentan los siguientes parámetros:

- **Tamaño del galpón y densidad.** Los galpones angostos funcionan mejor especialmente trabajando con ventilación natural. La densidad recomendada es de un animal por cada 1,2 -1,4 m<sup>2</sup>. En la Tabla No. 23 se muestran las áreas para la construcción de los corrales según sector.

Los corrales deberán poseer un muro de 0,80 metros (para evitar la salida del animal) y una malla para la protección de pájaros. Adicionalmente debe tener una cortina para permitir el control de la ventilación y la entrada de lluvia y sol. Lo ideal, es que el

<sup>10</sup> Guía para el subsector Porcícola. Asociación Colombiana de Porcicultura. P.76. 2000

galpón sea construido en sentido transversal al viento predominante, para facilitar la ventilación.

En el caso de galpones con piso en tierra, a la salida del lote se recomienda después de retirada la cama, que el suelo sea recubierto con una capa de 5 cm. de cal y se mantenga un periodo de vacío sanitario de por lo menos 7 días.

- **Los comederos con chupo.** Estos son los más adecuados puesto que permiten el consumo de la ración húmeda, además de mejorar la digestibilidad del alimento y reducir el nivel de polvo en el ambiente. En el caso de que un productor quiere usar bebederos adicionales, los mismos se deben colocar sobre una base de piso en cemento, en donde el agua que cae sea canalizada fuera del galpón, para no mojar la cama. Los comederos son normalmente colocados sobre una plataforma de madera, para evitar que la cama caiga en la ración. Esta plataforma debe permitir que el cerdo coloque sus cuatro extremidades sobre ella, en cualquier edad, para facilitar su acceso al comedero. Los comederos se deben localizar sobre uno de los laterales del galpón, de esta forma los porcinos concentrarán sus desechos en el lado opuesto.
- **Temperatura y ventilación.** Algunos estudios demuestran temperaturas de 4 a 8 °C más a nivel de la cama, en relación al medio ambiente externo. Una buena ventilación ayuda a controlar este problema.
- **Manejo de los lotes.** Lo ideal es tener animales de una sola edad, con variación no mayor a una semana para evitar la transmisión de enfermedades. Por el mismo motivo, en el caso de productores de la fase de engorde se recomienda tener animales de una sola procedencia.

**Ejemplo:** Para determinar el área requerida para la crianza de porcinos, primero se define la edad del cerdo que se ha de criar, lo cual a través de la literatura nos permite tomar decisiones a cerca de la cantidad de alimento que se le debe suministrar. En este trabajo se ha decidido criar porcinos en la etapa de levante y ceba, es decir, porcinos de aproximadamente 20 a 25 Kg. de peso, los cuales serán comercializados cuando tengan aproximadamente 100 Kg.

Se estima que los porcinos puedan consumir 10 Kg./día de residuos sólidos; con este dato y definida la cantidad de Residuos Sólidos Orgánicos (RSO) disponible diaria defino la cantidad de porcinos que podría tener en un sector; por lo tanto:

<b>Cantidad de RSO disponible</b>	6.23 Kg./ día
<b>Nº de porcinos</b>	6.23/ 10 ≈ 1 cerdo

Con el número de porcinos y teniendo en cuenta que el área ocupada por un cerdo es de 1.3 m<sup>2</sup> se calcula el área para porcinos que en este caso es de 1.3 m<sup>2</sup>.

Como ya se ha mencionado, por razones fitosanitarias es necesario tratar las excretas de estos animales, pues son fuente de una amplia variedad de vectores en caso de no

tratarse adecuadamente, por tal motivo ahora se determina la cantidad de excretas producidas por el número de porcinos que han de tenerse en el corral; se presume que cada cerdo produce 5.6 Kg. de excreta por día.

$$\begin{aligned}\text{Cantidad de excreta a tratar} &= \text{N}^{\circ} \text{ de porcinos} * \text{cantidad excreta/ día} \\ &= 1 * 5.6 \\ &= 5.6 \text{ Kg./ día}\end{aligned}$$

Para efectos prácticos en el manejo de las excretas porcinas y teniendo en cuenta que estos residuos son acuosos en gran porcentaje, calculamos el volumen de excretas así:

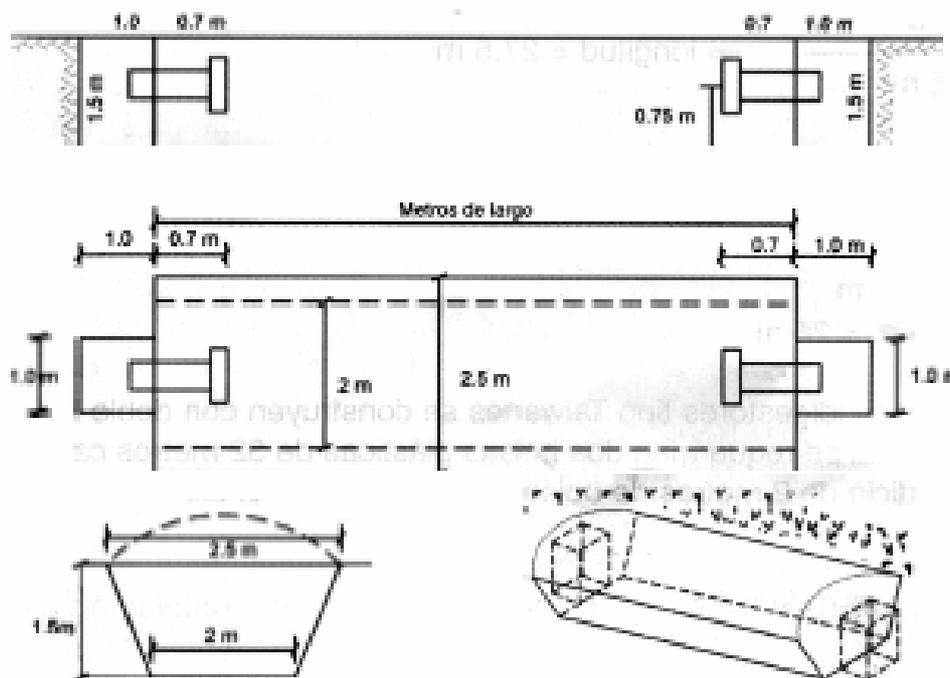
$$\begin{aligned}\text{Volumen de excretas} &= \text{peso de excretas/ densidad excretas} \\ &= 5.6 * 1.03 \\ &= 5.71 \text{ m}^3 \text{ de excretas a tratar}\end{aligned}$$

Las experiencias que se han tenido en el manejo de porcinos, indican que los mejores tratamientos para manejar las excretas porcinas son la lombricultura (en el caso de la fase sólida) y el bioreactor (caso fase líquida). Para calcular los requerimientos de lombricultura se deben tener en cuenta los mismos parámetros considerados en ítems anteriores, mientras para el bioreactor se debe considerar los siguientes aspectos:

- Profundidad de la zanja para la ubicación del bioreactor
- Longitud de la misma
- Cantidad de excreta a tratar
- Distancia mínima de aislamiento del corral
- Dimensiones de las cajas de inspección de entrada y salida al sistema
- Sistema de evacuación de biogás
- Tuberías de conducción de las excretas al sistema

Estos parámetros pueden encontrarse en la Guía Ambiental Porcícola del Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial o pueden ser suministrados por la autoridad ambiental de la zona, ó mejor aún el veterinario a cargo puede brindar asesoría a cerca de este tema.

**Figura 11.** Esquema del biodigestor



En la siguiente tabla se presentan las áreas necesarias para la construcción de los corrales para porcinos:

**Tabla 57.** Área Requerida para la construcción de corrales para porcinos

SECTOR	FRACCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (Ton/semana)		FRACCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS APROVECHABLE (Ton/semana)		No. de porcinos		Área Total (m <sup>2</sup> )	
	2006	2009	2006	2009	2006	2009	2006	2009
Vijagual	0,87	0,899	0,04	0,09	1	2	6,77	9,54
Km. 9 Km.22	5,76	5,625	0,29	0,56	5	8	16,35	22,35
Ruitoque Bajo	4,4	4,29	0,22	0,43	4	7	14,21	20,41
Acapulco	26,404	27,692	1,31	2,75	19	4	42,08	76,36
Chocoita	4,07	4,255	0,20	0,42	3	7	11,96	20,41
Bocas	9,386	9,842	0,47	0,98	7	14	20,41	33,39
Guatiguará	6,67	6,946	0,33	0,69	5	10	16,35	26,14
San Francisco Bajo	1,15	1,196	0,06	0,12	1	2	6,77	9,54

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

La densidad utilizada para el cálculo de área por cerdo es de 1.3 m<sup>2</sup>. Los cálculos específicos para cada uno de los sectores se detallan en el Anexo A.I.4. En todos los

casos para el año 2009 se debe aumentar el número de porcinos para ser alimentados con el residuo orgánico generado en el sector.

- **Aspectos sanitarios.** El sistema de producción de porcinos, aumenta la frecuencia de Erisipela, por lo cual es deseable que los lotes sean vacunados contra esta enfermedad. Entretanto, en lotes con buenas condiciones de sanidad, el engorde en el sistema de Camas Profundas ofrece ventajas en relación al piso de cemento, en relación con las enfermedades respiratorias, por producir menos amoniaco y menos lesiones ulcerativas del estómago, debido a menor estrés.<sup>11</sup>

- **Alternativas para el Manejo y Tratamiento de Residuos Porcinos**

La alternativa más apropiada para el manejo y posterior tratamiento de los residuos porcinos está muy directamente relacionada e influenciada por el tipo de explotación que se disponga. El estiércol del cerdo se puede manejar como un elemento sólido (sobre 20% de materia seca), semilíquido (entre 20 y 10%) o líquido (menor a 10%). La principal razón que determina esta clasificación es la necesidad de utilizar distintos equipos para la evacuación o movimiento de estos residuos.

Antes de implementar un sistema de manejo o tratamiento el productor debe tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Área de la finca o predio para disponer el estiércol bajo un plan de fertilización o, posibilidad de que los predios vecinos reciban el estiércol como fertilizante.
- Fuentes de agua dentro, colindantes o cercanas al predio. En estos casos se debe mantener una franja de protección a los cuerpos de agua.
- Topografía (quebrada, ondulada, plana).
- Tipo de cultivo a fertilizar (cultivos de consumo en fresco o no).
- Infraestructura de la granja.

**Medidas de bioseguridad.** Las medidas de seguridad necesarias para obtener un excelente proceso en el manejo de porcinos se describen a continuación:

1. El alimento que va a ser consumido por el cerdo debe ser cocido y se deberá adicionar algún suplemento nutritivo plantas forrajeras para garantizar la dieta alimenticia.
2. Los residuos sólidos orgánicos se deben recoger en pequeños contenedores de plástico, de 40 a 60 litros y con tapas herméticas.
3. Antes de cocinar los residuos orgánicos es necesario verificar que no existan materiales que puedan atentar contra la salud del cerdo o los equipos que se utilicen para el acondicionamiento del alimento, pues es común encontrar tenedores, cuchillos, envases de alimentos, servilletas de papel, etc.
4. Se debe contar con un sistema para el manejo de cadáveres, sin que causen incidencia negativa en la explotación.

---

<sup>11</sup> Guía para el subsector Porcícola. Asociación Colombiana de Porcicultura. P.41. 2000

5. Los efluentes sólidos y líquidos debe tratarse para evitar la generación de olores, vectores e impactos negativos al ambiente.<sup>12</sup>

En el Anexo A.1.3 se pueden encontrar las especificaciones técnicas de las alternativas analizadas anteriormente.

### Requerimientos de Personal, Materiales y Herramientas para porcicultura

Los requerimientos de personal se describen en horas, teniendo en cuenta las etapas en las que está dividido en proyecto, en este sentido, se presenta a continuación la tabla con la cuantificación de las horas de personal operativo de acuerdo a la cantidad de residuos sólidos a aprovechar por semana. Así mismo, la tabla reporta los tiempos de operación que se encuentran reportados por las actividades de recepción, cocción, acondicionamiento y almacenamiento de residuos.

**Tabla 58.** Número de horas de trabajo necesarias según la cantidad de residuos orgánicos producidos en kilogramos a la semana

Rango (kg/semana)	Horas semana
0	0,00
200	5,00
400	10,00
600	14,00
800	19,00
1.000	23,00
1.200	28,00
1.400	32,00
1.600	37,00
1.800	41,00
2.000	46,00
2.200	50,00
2.400	55,00
2.600	59,00
2.800	63,00
3.000	68,00
3.200	72,00
3.400	76,00
3.600	81,00

<sup>12</sup> Manual Básico de Porcicultura. Asociación Colombiana de Porcicultores. Fondo Nacional de porcicultura. P.27.

Rango (kg/semana)	Horas semana
3.800	85,00
4.000	89,00
4.200	94,00
4.400	98,00
4.600	102,00
4.800	107,00
5.000	111,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para el cálculo de las horas necesarias de trabajo de los operarios se determinó la siguiente ecuación que se encuentra en función de la cantidad de residuos sólidos generados (kg).

$$y = -0,00000018x^2 + 0,0229736x + 0,43650794$$

Para la operación de la planta de porcicultura son necesarias herramientas como: palas, carretillas, vacunas, módulos, bebederos, comederos y bolsas plásticas para el biodigestor (tratamiento de los residuos en fase acusona) a continuación se presentan las cantidades requeridas por sector:

**Tabla 59.** Materiales y herramientas para la operación de lombricultura

Sector	Nº Palas	Nº Carretillas	Nº vacunas	Nº módulos	Nº bebederos	Nº comederos	Metros bolsa plástica	Nº porcinos a comprar por año
Vijagual	1	1	4	2	1	1	2,47	2,00
Km. 9 Km.22	1	1	16	10	1	2	3,87	8,00
Ruitoque Bajo	1	1	16	8	1	2	3,87	8,00
Acapulco	2	2	76	38	4	7	10,89	38,00
Chocoita	1	1	12	6	1	1	3,40	6,00
Bocas	1	1	28	14	2	3	5,28	14,00
Guatiguará	1	1	20	10	1	2	4,34	10,00
San Francisco Bajo	1	1	4	2	1	1	2,47	2,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

El número de palas y de carretillas se estimaron de acuerdo a la magnitud de las operaciones, estos elementos se reponen cada tres años. Las vacunas fueron calculadas en función de la cantidad de porcinos a criar por año, estimándose dos dosis por año por animal. Los comederos se establecieron como una unidad por cada cinco porcinos y un bebedero por cada tres porcinos.

El número de porcinos se encuentra en función de la cantidad de residuos orgánicos disponibles al día para su alimentación.

#### 4.1.3 Evaluación Financiera

El Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos - PGIRS en el sector rural buscó determinar alternativas a través de las cuales desarrollar las actividades de recolección, transporte, disposición final y aprovechamiento en el servicio de aseo.

A partir del diagnóstico realizado al los sectores rurales escogidos, se estableció la inexistencia de oferta del servicio de aseo en los sectores identificados, creando la necesidad de plantear dos soluciones con costo eficientes, donde se definieron alternativas de manejo, para ser valoradas y donde se formularon los programas y proyectos que permitirían su implementación.

En esta sección se presentan los escenarios tarifarios establecidos para las dos alternativas y se evalúan financieramente las propuestas contenidas dentro del sistema integral de aseo en cada uno de los sectores analizados, de acuerdo a tres espacios de aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos: el primero donde se plantea la construcción de una planta de compostaje; una segunda donde se construye una planta de lombricultura; y una tercera donde se construye una planta de cría y levante de porcinos para cada uno de los sectores.

La evaluación financiera resume los flujos generados para cada una de las opciones de aprovechamiento de los residuos orgánicos, en un horizonte de 15 años y calcula indicadores (VPN, TIR y TVR) a partir de los cuales es posible concluir la viabilidad financiera del mismo. A continuación se presenta el marco conceptual sobre el cual se apoya la evaluación de los proyectos, tomando como base los criterios de inversión desarrollados.

En otro apartado se desarrolla el esquema conceptual de análisis, en el cual se define los escenarios de evaluación propuestos y se determinan los supuestos de la evaluación.

- **Criterios de evaluación financiera**

La presente evaluación es una herramienta que determina la viabilidad financiera de una Empresa eficiente prestadora del servicio de aseo, en referencia al Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos que se ha venido adelantando. La evaluación, está orientada a la identificación de los flujos de fondos que genera el proyecto, a partir de los ingresos y gastos que surgen de los aspectos técnicos, productivos, administrativos, económicos y ambientales del estudio durante el horizonte del proyecto.

Una vez se determinen los flujos de fondos, se aplican criterios de evaluación (VPN, TIR y TVR), los cuales establecen si el proyecto tiene la capacidad de generar rentabilidad para quien aporte los recursos de inversión.

- **Valor Presente Neto – VPN:** Se define como el valor que resulta de restar al valor presente de los futuros flujos de caja de un proyecto, el valor de la inversión inicial.

Para determinar el Valor Presente Neto – VPN es necesario definir una tasa de oportunidad –  $T_o$  o Costo de Capital. De acuerdo a esta tasa de oportunidad, el valor presente de los flujos de caja del proyecto descontada la inversión inicial puede dar como resultado los siguientes tres posibles resultados:

**Tabla 60.** Regla de decisión del VPN

	Signo	Comentario	Decisión
VPN	$> 0$	El proyecto rinde a una tasa superior al costo de capital, por lo tanto genera valor.	Aceptar
VPN	$= 0$	El proyecto rinde a una tasa igual al costo de capital, por lo tanto ni agrega ni destruye valor.	Indiferencia
VPN	$< 0$	El proyecto rinde a una tasa inferior al costo de capital, por lo tanto destruye valor.	Rechazar

Regla de decisión: El proyecto es conveniente desde el punto de vista financiero si el Valor Presente Neto – VPN es positivo.

- **Tasa interna de retorno – TIR:** Es la tasa de interés que iguala en el tiempo los ingresos y los egresos de un proyecto. También puede decirse que es la rentabilidad ganada por los fondos que permanecen en el proyecto.

La TIR se define como la rentabilidad que ganan los fondos que permanecen invertidos en el proyecto. Para determinar si éste proyecto es conveniente se calcula la TIR y se compara con el costo de capital, generándose tres posibles resultados:

**Tabla 61.** Regla de decisión de la TIR

	Signo	Comentario	Decisión
TIR	$> T_o$	La rentabilidad de los fondos invertidos en éste proyecto es superior al rendimiento que podría obtenerse en otra alternativa ofrecida por el mercado.	Aceptar
TIR	$= T_o$	La rentabilidad de los fondos invertidos en éste proyecto es igual al rendimiento que podría obtenerse en otra alternativa ofrecida por el mercado	Indiferencia
TIR	$< T_o$	La rentabilidad de los fondos invertidos en éste proyecto es inferior al rendimiento que podría obtenerse en otra alternativa ofrecida por el mercado	Rechazar

Regla de decisión: El proyecto es conveniente si la TIR es superior al Costo de Oportunidad ( $T_o$ ).

- **Tasa verdadera de rentabilidad - TVR:** Es la TIR, asumiendo una tasa diferente para la reinversión de las utilidades generadas por el proyecto.

Definida la tasa de reinversión de excedentes como 10% ( $T_e$ ), el criterio de decisión para determinar la conveniencia del proyecto de acuerdo al indicador TVR sigue los mismos criterios señalados para el indicador TIR:

**Tabla 62.** Regla de decisión de la TVR

	Signo	Comentario	Decisión
TVR	$>T_e$	La rentabilidad de los fondos reinvertidos en éste proyecto es superior al rendimiento que podría obtenerse en otro alternativa ofrecida por el mercado.	Aceptar
TVR	$=T_e$	La rentabilidad de los fondos reinvertidos en éste proyecto es igual al rendimiento que podría obtenerse en otro alternativa ofrecida por el mercado	Indiferencia
TVR	$<T_e$	La rentabilidad de los fondos reinvertidos en éste proyecto es inferior al rendimiento que podría obtenerse en otro alternativa ofrecida por el mercado	Rechazar

Regla de decisión: El proyecto es conveniente si la TVR es superior a la Tasa de Reinversión de Excedentes ( $T_e$ ).

- **Estructura de Análisis**

Como se mencionó anteriormente, existen dos alternativas propuestas, una donde se propone desarrollar la actividad de aseo recolectando los residuos sólidos de manera indiscriminada para luego ser llevados al sitio de disposición final; y una segunda, donde se desarrolla una labor de separación en la fuente de los residuos sólidos para su posterior aprovechamiento y disposición.

Para las dos alternativas se contempla el cálculo de una tarifa, donde se cobran los valores por recolección, transporte, disposición final, comercialización y tramo excedente, según la metodología tarifaria contenida en la Resolución CRA N° 351 de 2005. En la primera alternativa, el total de los residuos sólidos generados serían dispuestos, mientras en la segunda, tan solo los residuos inertes serían los dispuestos.

La segunda alternativa presenta tres variantes en el manejo de los residuos orgánicos. Existen tres posibilidades de aprovechamiento de dichos residuos: que se utilicen para producir compostaje, o para producir humus con base de una posterior lombricultura o que se aprovechen para actividades de porcicultura. Para cada una de esta tres variantes se hace una evaluación.

- **Supuestos de evaluación**

- **Horizonte de Evaluación:** La evaluación financiera del presente proyecto presenta un horizonte de 15 años.

- **Demanda:** El número de usuarios se proyecta de acuerdo a las siguientes variables:
  - Año de proyección (n) según el horizonte del proyecto.
  - Tasa de crecimiento de la demanda, definida como la tasa de crecimiento de la población, la cual para cada uno de los Municipios fue hallada tomando la población del año 1995 y del año 2005, proyectados por el DANE en el sector rural, estos datos se hallaron unas tasas. De acuerdo a esta tasa creció el número de usuarios en el municipio.

**Tabla 63.** Tasas de crecimiento de la población rural de cada uno de los Municipios de Área Metropolitana de Bucaramanga

Municipio	1995	2005	Geométrica	Logarítmica
Bucaramanga	4.941	5.889	1,771%	1,755%
Floridablanca	6.997	6.369	-0,936%	-0,940%
Girón	10.774	12.868	1,792%	1,776%
Piedecuesta	16.437	19.306	1,622%	1,609%

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Liquidación del proyecto:** En el año 15 del horizonte de evaluación se incluye dentro del flujo de caja del proyecto un valor por liquidación de la inversión, el cual corresponde al 30% del valor de inversión inicial.
- **Costo de Capital:** se definió un costo de capital del 12%
- **Tasa de reinversión:** Para la evaluación financiera del presente proyecto se ha determinado una tasa de reinversión de 10%.
- **Impuestos:** Para la evaluación financiera del proyecto se definió el impuesto de Renta y Complementarios en 38.5%, como aquel que afecta la utilidad estimada del estado de resultado proyectado.
- **Inflación:** Para la evaluación financiera del proyecto se hizo necesaria determinar la siguiente proyección del índice de precios al consumidor – IPC, estimación realizada por el Componente Empresarial y Financiero. A continuación se muestra el IPC definido para cada uno de los 15 años de evaluación del proyecto:

**Tabla 64.** Porcentajes de inflación utilizadas

Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7
4,5%	4%	3,5%	3%	3%	3%	3%	3%

Año 8	Año 9	Año 10	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%	3%

Fuente: DNP

- **Caracterización y Densidad de los residuos sólidos del total de sectores analizados:** Según el análisis realizado por el grupo técnico, se encontraron las siguientes caracterización de los residuos en los diferentes sectores. Y las densidades se tomaron de diferentes autores que han estudiado el tema.

**Tabla 65.** Caracterización y Densidad de los residuos sólidos del total de sectores analizados

Tipo de Residuo	Caracterización	Densidad
Residuos Orgánicos	42,20%	0,600
Vidrio	11,28%	0,196
Plástico	3,04%	0,065
Cartón	1,63%	0,050
Metal	1,87%	0,160
Inertes	33,44%	0,100
Sanitarios	6,54%	0,089

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Valores unitarios de infraestructura:** con el fin de determinar el valor total de las inversiones a realizar en las construcciones de las instalaciones propuestas para desarrollar la diferentes actividades, se determinaron valores unitarios para cada uno de los posibles componentes de las obras a realizar.

**Tabla 66.** Valores unitarios de infraestructura

Descripción	Unidad	Vr. Unitario
<b>Obras preliminares</b>		
Descapote	mt <sup>2</sup>	1.053,40
<b>Cimentación</b>		
Concreto simple f'c = 210 Kg./cm2 para zapatas	Unidad	100.000,00
<b>Estructura</b>		
Columnas metálicas 15X15	Unidad	20.000,00
<b>Instalaciones Hidrosanitarias</b>		
Caja recolectora de lixiviado 40x40 cm.	Unidad	45.000,00
Tubería PVC Sanitaria Diámetro = 2"	mt	10.520,00
Punto Sanitario en tubería PVC Diámetro = 2"	Unidad	30.250,54
<b>Instalaciones eléctricas</b>		
Tablero de automáticos trifásico de 12 circuitos con automáticos	Unidad	400.000,00
<b>Instalación interior de baja tensión</b>		

Descripción	Unidad	Vr. Unitario
Red aérea 2#6 ASC aislado	Unidad	6.200,00
Acometida a trituradora	mt	150.000,00
Salidas de luz	Unidad	50.000,00
Salidas de tomacorriente	Unidad	30.000,00
<b>Mampostería</b>		
Mampostería Ladrillo Temosa	mt <sup>2</sup>	29.200,00
<b>Pisos</b>		
Piso en concreto de 2000 Psi e = 8 cm.	mt <sup>2</sup>	30.000,00
<b>Carpintería metálica</b>		
Cerramiento en cuadros de malla	mt <sup>2</sup>	10.000,00
Cubierta (incluye serchas, correas, riostras y teja de zinc)	mt <sup>2</sup>	32.800,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Variables para lombricultura:**

**Tabla 67.** Variables para lombricultura

Variables	Valores
Rendimiento material orgánico	60,00%
Altura del Lecho m	0,30
Largo de la caja m	1,00
Ancho de la caja m	1,00
Alto de la caja m	0,60
Volumen de la caja m <sup>3</sup>	0,60
Volumen del Lecho m <sup>3</sup>	0,30

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Variables para porcicultura:**

**Tabla 68.** Variables para porcicultura

Variables	Valor
<b>Área para cría de porcinos</b>	
Área ocupada por cerdo (m <sup>2</sup> )	1,30
Alimento para cerdo (kg/día) Peso 55 - 100 Kg	10,00
Ancho Muros (m)	0,50
Ancho Canales (m)	0,35

Variables	Valor
Longitud de comedero (m)	1,20
Ancho del comedero (m)	0,40
<b>Excretas del porcino</b>	
Producción de excretas (Kg/día)	5,60
Tiempo de retención (días)	25,00
Factor	5,00
Densidad de la excreta (Kg/m <sup>3</sup> )	1.020,00
Fase sólida de las excretas	25,00%
<b>Fosa del Biodigestor</b>	
Dimensiones fosa	
Ancho mayor (m)	1,20
Ancho menor (m)	1,00
Altura (m)	1,00
Área del trapecio (m <sup>2</sup> )	1,10

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Valores unitarios de infraestructura del biodigestor:** con el fin de determinar el valor total de las inversiones a realizar en la construcción de un biodigestor, se determinaron valores unitarios para cada uno de los posibles componentes de la obra a realizar.

**Tabla 69.** Valores unitarios de infraestructura del biodigestor

Descripción	Unidad	Vr. Unitario
<b>Obras preliminares</b>		
Construcción de la fosa	mt <sup>2</sup>	10.000,00
<b>Instalaciones hidrosanitarias</b>		
Tubería PVC Sanitaria Diámetro = 2"	Unidad	10.520,00
<b>Conexiones y accesorios para el gas</b>		
Tubo, empaques, manguera, acoples y filtro para ácido sulfhídrico	unidad	600.000,00
<b>Bolsa polietileno</b>		
Bolsa tubular de polietileno calibre 8 negra (m)	mt	23.000,00
<b>Carpintería Metálica</b>		
Cerramiento en cuadros de malla	mt <sup>2</sup>	10.000,00
Cubierta (incluye serchas, correas, riostras y teja de zinc)	mt <sup>2</sup>	32.800,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Tarifas**

Para la definición de la tarifa, se trabajó inicialmente con un escenario de costos mínimos, pero el resultado arrojó valores inversamente proporcionales entre la producción y la tarifa a pagar, lo cual no coincide con la lógica de pago en relación directa a la producción. En consecuencia, se decidió asumir el análisis con los valores establecidos por la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico, en la nueva metodología tarifaria contenida en la Resoluciones N° 351 y 352 de 2005, para cada uno de los componentes del servicio, multiplicado por la producción generada por cada usuario, obtenida de la caracterización de residuos realizada por el grupo técnico del PGIRS en el diagnóstico rural. Considerando que estos usuarios corresponden a un nivel socioeconómico bajo, se propone la incorporación de subsidios, con un porcentaje del 50% a cargo del municipio, toda vez que en estas zonas no habría mayores aportes al Fondo de Solidaridad y de Redistribución del Ingreso.

- **Alternativa N° 1**

**Tabla 70.** Tarifas alternativa N° 1

Componente Tarifario	Tarifas Plenas por Sectores								
	Vijagal	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	977	1.091	1.121	1.086	1.011	1.044	39.372	1.089	953
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	1.638	2.515	3.106	2.590	2.090	2.146	343.578	2.598	1.299
TTE	152	510	134	350	14	381	60.921	377	274
TDT	523	803	992	827	668	686	109.753	830	415
<b>Tarifa Total</b>	<b>3.290</b>	<b>4.919</b>	<b>5.353</b>	<b>4.853</b>	<b>3.783</b>	<b>4.257</b>	<b>553.624</b>	<b>4.894</b>	<b>2.941</b>

% Subsidio	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	0%	-50%	-50%
------------	------	------	------	------	------	------	----	------	------

Componente Tarifario	Tarifas con Subsidio por Sectores								
	Vijagal	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	488	545	560	543	506	522	39.372	544	476
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	819	1.258	1.553	1.295	1.045	1.073	343.578	1.299	650
TTE	76	255	67	175	7	190	60.921	189	137
TDT	262	402	496	414	334	343	109.753	415	207
<b>Tarifa Total</b>	<b>1.645</b>	<b>2.459</b>	<b>2.677</b>	<b>2.426</b>	<b>1.891</b>	<b>2.128</b>	<b>553.624</b>	<b>2.447</b>	<b>1.470</b>



PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS DEL  
ÁREA METROPOLITANA DE BUCARAMANGA



Sector	Vijagal	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Usuarios	30	128	80	574	110	247	1	145	50

Sector	Vijagal	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Ingresos Mes	98.704	629.590	428.259	2.785.528	416.091	1.051.397	553.624	709.638	147.036
Ingresos Año	1.184.448	7.555.084	5.139.106	33.426.331	4.993.096	12.616.767	6.643.489	8.515.659	1.764.427

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Nota. El componente de comercialización incluye el costo de facturación, que obedece al valor que según la regulación debe reconocerse a la empresa que realiza el cobro del servicio, que en este caso sería la Electrificadora de Santander E.S.P., por ser la entidad de servicio público que mayor cobertura ofrece a los usuarios del área rural.

El resultado del cálculo de tarifas, arroja un valor del servicio (excluyendo el componente de barrido) que podría considerarse relativamente bajo, lo cual se explica esencialmente por la baja producción per cápita. Sin embargo, para estos sectores, que tradicionalmente no han asumido el costo, podría tener efectos negativos en la economía familiar. Por consiguiente, el grupo coordinador ha propuesto que en algunos casos se evalúe la posibilidad de aplicar un sistema de *compensación social* asociando grandes productores o empresas que generan impactos ambientales significativos en los sitios próximos, para que contribuyan a aliviar el costo de la tarifa al usuario.

Para el caso del sector de Bocas, donde en inmediaciones se encuentra localizada la Central Hidroeléctrica de Palmas de la ESSA, se propone que esta financie el costo de saneamiento básico local, asumiendo la totalidad del valor del servicio de recolección de residuos a manera de un gran productor. Para ejemplarizar la propuesta, se presenta el cálculo del valor que tendría que asumir la ESSA ESP, el cual finalmente se trasladaría a la tarifa de energía, como parte de los costos ambientales de la empresa. Esta propuesta, debe ser objeto de una evaluación de viabilidad desde el punto de vista legal, para la ESSA E.S.P.

**Tabla 71.** Tarifa ESSA alternativa N° 1

ESSA – Bocas		Producción total
Componente	Valor	
TFR	98.880	15,5 Ton/mes
TBL	0	
TRT	873.685	
TTE	154.915	
TDT	279.093	
<b>Tarifa total</b>	<b>1.406.573</b>	

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Tabla 72.** Diferencia en tarifa por la compensación de ESSA

Componente Tarifario	Comunidad de Bocas	ESSA - Represa de Bocas	Acumulado	ESSA + Bocas Compensación	Diferencia
TFR	257.956	39.372	297.328	98.880	-198.448
TBL	0	0	0	0	0
TRT	530.108	343.578	873.685	873.685	0
TTE	93.994	60.921	154.915	154.915	0
TDT	169.339	109.753	279.093	279.093	0
<b>Tarifa Total</b>	<b>1.051.397</b>	<b>553.624</b>	<b>1.605.021</b>	<b>1.406.573</b>	<b>-198.448</b>

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

El valor mensual por efectos de recolección en esta zona, sería de \$1.406.573, en el evento que ESSA E.S.P. se presente como un gran productor, asumiendo la totalidad de los residuos en la zona aledaña. La diferencia entre este costo y la sumatoria de los recaudos resultantes del cobro por usuario, corresponde a los gastos de comercialización, que obviamente son mayores si se deben facturar a todos los usuarios.

En el caso de San Francisco Bajo, la situación es diferente pues a pesar de ser un tramo extenso (aproximadamente 28 km. hasta El Carrasco), la producción por usuario es muy baja y por tanto el costo resultante al usuario es relativamente bajo (\$1.470/u Tarifa con subsidio), pero para la empresa recolectora el valor del viaje no es rentable por el recaudo total (aproximadamente \$34.000 por viaje). En consecuencia, el planteamiento del grupo coordinador es identificar otros usuarios en la ruta (lavaderos, clubes sociales y recreativos, etc.) con quienes podría ampliarse el escenario de viabilidad del servicio, incluso ampliando el recorrido hasta la zona de Pescadero donde se está conformando un asentamiento poblacional de aproximadamente 30 viviendas. Con el planteamiento del PGIRS y la disponibilidad del modelo de cálculo, es previsible que la gestión comercial de la Empresa Piedecuestana de Servicios Públicos, pueda desarrollar fácilmente esta alternativa.

Es importante anotar que el Fondo de Solidaridad Municipal, debe prever la asignación de subsidios, en los casos que así lo requieran y garantizar la prestación eficiente, continua y de mínimo costo.

**Tabla 73.** Valor de los subsidios alternativa N° 1

Valor del Subsidio	Vijagual	Vía a Cúcuta	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Valor mes	\$ 49.352	\$ 314.795	\$ 214.129	\$ 1.392.764	\$ 208.046	\$ 525.699	\$ 354.819	\$ 73.518
Valor año	\$ 592.224	\$ 3.777.542	\$ 2.569.553	\$ 16.713.165	\$ 2.496.548	\$ 6.308.383	\$ 4.257.829	\$ 882.214

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

○ **Alternativa N° 2**

De acuerdo al esquema operativo planteado para esta alternativa, los residuos a recolectar y llevar al sitio de disposición final disminuyen, debido al aprovechamiento de los residuos orgánicos. En reunión sostenida con el Grupo Coordinador, este consideró que la realización de este tipo de asociación representa un alto riesgo, debido a la exigencia de un nivel tecnológico más elevado y de una responsabilidad mayor en la administración y operación.

Sin embargo, a manera de ejercicio, a continuación se muestran las tarifas resultantes de acuerdo al esquema planteado.

Según lo previsto en la propuesta se establecieron dos fases: en la primera (2006 – 2008), el procesamiento de orgánicos alcanza el 50% y en la segunda (2009 – 2021) fase se llega a procesar el 100%.

**Tabla 74.** Tarifas alternativa N° 2 – Fase I

**FASE I - 2006**

Componente Tarifario	Tarifas Plenas por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	941	1.020	1.077	1.037	979	983	81.693	1.039	917
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	1.292	1.984	2.451	2.043	1.649	1.693	761.833	2.050	1.025
TTE	131	275	414	414	167	163	73.330	438	156
TDT	413	634	783	653	527	541	243.362	655	327
<b>Tarifa Total</b>	<b>2.777</b>	<b>3.913</b>	<b>4.725</b>	<b>4.147</b>	<b>3.322</b>	<b>3.380</b>	<b>1.160.218</b>	<b>4.182</b>	<b>2.425</b>

% Subsidio	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	0%	-50%	-50%
------------	------	------	------	------	------	------	----	------	------

Componente Tarifario	Tarifas con Subsidio por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	471	510	539	518	490	492	81.693	520	458
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	646	992	1.225	1.022	824	847	761.833	1.025	512
TTE	65	137	207	207	84	81	73.330	219	78
TDT	206	317	391	326	263	270	243.362	327	164
<b>Tarifa Total</b>	<b>1.389</b>	<b>1.957</b>	<b>2.362</b>	<b>2.073</b>	<b>1.661</b>	<b>1.690</b>	<b>1.160.218</b>	<b>2.091</b>	<b>1.212</b>

Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Usuarios	30	128	80	574	110	247	1	145	50

Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Ingresos Mes	83.315	500.924	377.975	2.380.254	365.381	834.980	1.160.218	606.428	121.231
Ingresos Año	999.781	6.011.090	4.535.704	28.563.045	4.384.574	10.019.757	13.922.613	7.277.135	1.454.776

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Tabla 75. Tarifas alternativa N° 2 – Fase II**

**FASE II- 2009**

Componente Tarifario	Tarifas Plenas por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	904	962	1.004	974	932	935	40.856	976	893
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	947	1.454	1.795	1.497	1.208	1.240	377.226	1.502	751
TTE	96	201	303	303	122	119	36.310	321	114
TDT	302	464	574	478	386	396	120.502	480	327
<b>Tarifa Total</b>	<b>2.249</b>	<b>3.082</b>	<b>3.676</b>	<b>3.253</b>	<b>2.648</b>	<b>2.691</b>	<b>574.895</b>	<b>3.279</b>	<b>2.085</b>

% Subsidio	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	-50%	0%	-50%	-50%
------------	------	------	------	------	------	------	----	------	------

Componente Tarifario	Tarifas con Subsidio por Sectores								
	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
TFR	452	481	502	487	466	468	40.856	488	446
TBL	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TRT	473	727	898	748	604	620	377.226	751	375
TTE	48	101	152	152	61	60	36.310	161	57
TDT	151	232	287	239	193	198	120.502	240	164
<b>Tarifa Total</b>	<b>1.125</b>	<b>1.541</b>	<b>1.838</b>	<b>1.626</b>	<b>1.324</b>	<b>1.346</b>	<b>574.895</b>	<b>1.639</b>	<b>1.043</b>

Sector	Vijagual	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Usuarios	30	128	80	574	110	247	1	145	50

Sector	Vijagal	Km. 9 Km.22	Ruitoque Bajo	Acapulco	Chocoita	Bocas	ESSA - Bocas	Guatiguará	San Fco Bajo
Ingresos Mes	67.480	394.466	294.083	1.867.039	291.303	664.754	574.895	475.407	104.260
Ingresos Año	809.762	4.733.586	3.528.999	22.404.467	3.495.635	7.977.047	6.898.736	5.704.888	1.251.119

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Inversiones**

- **Alternativa N° 1**

#### Cuartos de Aseo

Según la producción de residuos sólidos en cada uno de los sectores, se determinó la cantidad de cuartos de aseo necesarios para almacenar los residuos mientras se realiza la recolección. Cada uno de los cuartos presenta la misma capacidad de 4,05 m<sup>3</sup>, y un valor unitario de \$2'500.000 pesos.

**Tabla 76.** Valor de inversiones en cuartos de Aseo por sector

Sector	Municipio	Año 0
Vijagal	Bucaramanga	2.500.000
Km. 9 Km.22	Florida	5.000.000
Ruitoque Bajo	Florida	5.000.000
Acapulco	Girón	20.000.000
Chocoita	Girón	5.000.000
Bocas	Girón	7.500.000
ESSA - Bocas	Girón	10.000.000
Guatiguará	Piedecuesta	5.000.000
San Francisco Bajo	Piedecuesta	2.500.000

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Alternativa N° 2**

#### Infraestructura

La infraestructura expuesta a continuación fue diseñada de acuerdo a la cantidad de residuos sólidos orgánicos y su porcentaje de aprovechamiento, de acuerdo a las metas planteadas. Para los dos primeros años del horizonte de planeación del proyecto se pretende aprovechar hasta el 50% de dichos residuos, y de ahí en adelante el 100%.

✓ Planta de compostaje

**Tabla 77.** Valor de las inversiones plantas de compostaje

Sector	Municipio	2006	2009
Vijagual	Bucaramanga	4.788.565	2.039.456
Km. 9 Km.22	Florida	7.526.790	3.603.752
Rutoque Bajo	Florida	6.949.808	3.159.487
Acapulco	Girón	15.150.585	15.347.375
Chocoita	Girón	6.870.767	4.243.235
Bocas	Girón	9.115.631	7.290.859
Guatiguará	Piedecuesta	8.046.553	5.484.845
San Francisco Bajo	Piedecuesta	4.993.284	2.281.561

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

✓ Planta de lombricultura

**Tabla 78.** Valor de las inversiones plantas de lombricultura

Sector	Municipio	2006	2009
Vijagual	Bucaramanga	2.147.293	1.174.572
Km. 9 Km.22	Florida	3.223.545	1.832.218
Rutoque Bajo	Florida	2.975.156	1.738.990
Acapulco	Girón	7.073.130	8.098.757
Chocoita	Girón	2.836.772	2.265.776
Bocas	Girón	3.809.187	3.650.641
Guatiguará	Piedecuesta	3.335.262	2.805.930
San Francisco Bajo	Piedecuesta	2.201.461	1.385.698

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

✓ Planta de porcicultura

**Tabla 79.** Valor de las inversiones plantas de porcicultura

Sector	Municipio	2006	2009
Vijagual	Bucaramanga	1.539.200	1.239.021
Km. 9 Km.22	Florida	2.323.483	1.902.440
Rutoque Bajo	Florida	2.323.483	1.452.383

Sector	Municipio	2006	2009
Acapulco	Girón	4.790.238	5.931.028
Chocoita	Girón	2.116.980	2.212.569
Bocas	Girón	2.875.273	3.047.067
Guatiguará	Piedecuesta	2.516.330	2.552.378
San Francisco Bajo	Piedecuesta	1.539.654	1.525.304

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### • Maquinaria y equipos

Para la operación de las plantas de compostaje y lombricultura se estableció la necesidad de invertir en una maquina trituradora – picadora la cual funciona por un sistema de poleas, correas, accionada por un motor trifásico de 3 HP marca SIEMENS a 3.600 R.P.M., la cual tiene un valor comercial actual de \$3'378.000 pesos. Se estima que la vida útil de esta maquinaria estaría en 10 años, por lo tanto, en el año 2016 se debe reponer dicho activo. A continuación se relaciona el total de inversiones en maquinaria y equipos para cada uno del los sectores.

- ✓ Trituradora

**Tabla 80.** Inversión de maquinaria y equipos por sector

Sector	Municipio	2006	2016
Vijagual	Bucaramanga	3.378.000	4.673.155
Km. 9 Km.22	Florida	3.378.000	4.673.155
Ruitoque Bajo	Florida	3.378.000	4.673.155
Acapulco	Girón	3.378.000	4.673.155
Chocoita	Girón	3.378.000	4.673.155
Bocas	Girón	3.378.000	4.673.155
Guatiguará	Piedecuesta	3.378.000	4.673.155
San Francisco Bajo	Piedecuesta	3.378.000	4.673.155

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### • Egresos

Los egresos se encuentran compuestos en su mayoría por los gastos en jornales, en herramientas, como palas, carretillas, guantes, caretas, plásticos, tubos PVC, compra de lombrices semilla, de los módulos para las lombrices, rastrillos, compra de porcinos para levante y ceba, las vacunas, la bolsa del biodigestor, los bebederos y comederos para los porcinos.

○ **Planta de compostaje**

Los valores unitarios de las herramientas y demás gastos utilizados para la operación de la planta de compostaje son los siguientes:

**Tabla 81.** Valores unitarios de las herramientas y materiales para las plantas de compostaje

Herramientas	Unidad	Valor
Palas	Unidad	12.000
Carretillas	Unidad	85.000
Guantes	Unidad	6.500
Careta Sencilla	Unidad	10.000
Plástico calibre 6	mt	3.500
Tubos de PVC	mt	4.700

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para el primer año de operación se tienen los siguientes gastos en cada uno de los sectores:

**Tabla 82.** Valores del primer año de materiales y herramientas – plantas de compostaje

Sector	Costo personal al año por sector	Costo de palas año	Costo de carretillas año	Costo de guantes y caretas por año	Costo de plástico calibre 6	Costo Tubos de PVC para Aireación
Vijagual	1.811.207,01	12.000,00	85.000,00	66.000,00	102.742,36	761.400,00
Km. 9 Km.22	1.811.207,01	12.000,00	85.000,00	66.000,00	112.919,79	761.400,00
Ruitoque Bajo	1.811.207,01	12.000,00	85.000,00	66.000,00	110.272,95	761.400,00
Acapulco	3.622.414,03	24.000,00	85.000,00	132.000,00	148.731,94	761.400,00
Chocoita	1.811.207,01	12.000,00	85.000,00	66.000,00	109.590,89	761.400,00
Bocas	1.811.207,01	12.000,00	85.000,00	66.000,00	120.107,88	761.400,00
Guatiguará	1.811.207,01	12.000,00	85.000,00	66.000,00	114.855,02	761.400,00
San Francisco Bajo	1.811.207,01	12.000,00	85.000,00	66.000,00	103.359,72	761.400,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

○ **Planta de lombricultura**

Los valores unitarios de las herramientas y demás gastos utilizados para la operación de la planta de lombricultura son los siguientes:

**Tabla 83.** Valores unitarios de las herramientas y materiales para las plantas de lombricultura

Herramientas	Unidad	Valor
Palas	Unidad	12.000
Carretillas	Unidad	85.000
Lombrices	Kg.	25.000
Modulo	Unidad	50.000

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para el primer año de operación se tienen los siguientes gastos en cada uno de los sectores:

**Tabla 84.** Valores del primer año de materiales y herramientas – plantas de lombricultura

Sector	Costo personal al año por sector	Costo de palas año	Costo de carretillas año	Costo de compra de lombrices semilla	Costo de módulos para lombricultura a comprar
Vijagual	2.325.600,00	12.000,00	85.000,00	509.916,67	100.000,00
Km. 9 Km.22	2.325.600,00	12.000,00	85.000,00	3.340.829,58	500.000,00
Ruitoque Bajo	2.325.600,00	12.000,00	85.000,00	2.578.888,89	400.000,00
Acapulco	8.682.240,00	24.000,00	170.000,00	15.426.444,44	1.900.000,00
Chocoita	2.325.600,00	12.000,00	85.000,00	2.385.472,22	300.000,00
Bocas	2.325.600,00	12.000,00	85.000,00	5.501.238,89	700.000,00
Guatiguará	2.325.600,00	12.000,00	85.000,00	3.909.361,11	500.000,00
San Francisco Bajo	2.325.600,00	12.000,00	85.000,00	674.027,78	100.000,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

○ **Planta de porcicultura**

Los valores unitarios de las herramientas y demás gastos utilizados para la operación de la planta de porcicultura son los siguientes:

**Tabla 85.** Valores unitarios de las herramientas y materiales para las plantas de porcicultura

Herramientas	Unidad	Valor
Palas	Unidad	12.000
Carretillas	Unidad	85.000
Rastrillos	Unidad	10.000
Costo compra porcino	Unidad	80.000
Vacunas por porcino	Unidad	1.500
Costo comedero	Unidad	30.000

Herramientas	Unidad	Valor
Cotos bebedero	Unidad	15.000
Costo modulo	Unidad	50.000
Bolsa polietileno	mt	23.000

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para el primer año de operación se tienen los siguientes gastos en cada uno de los sectores:

**Tabla 86.** Valores del primer año de materiales y herramientas – plantas de lombricultura

Sector	Costo personal al año por sector	Costo de palas año	Costo de carretillas año	Costo de compra de porcinos por año
Vijagual	3.255.840,00	12.000,00	85.000,00	160.000,00
Km. 9 Km.22	3.255.840,00	12.000,00	85.000,00	640.000,00
Ruitoque Bajo	3.255.840,00	12.000,00	85.000,00	640.000,00
Acapulco	6.511.680,00	24.000,00	170.000,00	3.040.000,00
Chocoita	3.255.840,00	12.000,00	85.000,00	480.000,00
Bocas	3.255.840,00	12.000,00	85.000,00	1.120.000,00
Guatiguará	3.255.840,00	12.000,00	85.000,00	800.000,00
San Francisco Bajo	3.255.840,00	12.000,00	85.000,00	160.000,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Tabla 87.** Valores del primer año de materiales y herramientas – plantas de lombricultura

Sector	Costo de vacunas por año	Costo Bolsa plástica para Biodigestor	Costos de bebederos	Costos de comederos	Costo de módulos para lombricultura a comprar
Vijagual	6.000,00	56.762,03	15.000,00	30.000,00	50.000,00
Km. 9 Km.22	24.000,00	89.048,13	15.000,00	60.000,00	100.000,00
Ruitoque Bajo	24.000,00	89.048,13	15.000,00	60.000,00	100.000,00
Acapulco	114.000,00	250.478,61	60.000,00	210.000,00	300.000,00
Chocoita	18.000,00	78.286,10	15.000,00	30.000,00	50.000,00
Bocas	42.000,00	121.334,22	30.000,00	90.000,00	100.000,00
Guatiguará	30.000,00	99.810,16	15.000,00	60.000,00	100.000,00
San Francisco Bajo	6.000,00	56.762,03	15.000,00	30.000,00	50.000,00

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

## • Ingresos

Los ingresos para cada uno de los sectores se encuentran compuestos por la venta de material reciclable (vidrio, plástico, cartón y metal), así como, para las plantas de compostaje los ingresos se dan por la venta de bultos de 50 kg. de compost, en las plantas de lombricultura se dan por la venta del Humus en bultos de 50 kg., además de la comercialización de lombrices por kg., y para las plantas de porcicultura los ingresos se dan por la venta de los porcinos cuando obtienen un peso de 100 kg.

### Material reciclable

La comercialización de los productos reciclables se da según los precios de compra de las cooperativas de reciclaje las cuales tienen los siguientes precios por tonelada:

**Tabla 88.** Precios de compra de los residuos reciclables

Material	Valor
Precio Vidrio \$/Ton	48.000,00
Precio Plástico \$/Ton	139.581,67
Precio Cartón \$/Ton	170.023,05
Precio Metal \$/Ton	507.589,12

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Según la proyección de residuos reciclables para el primer año, los ingresos para cada uno de los sectores son:

**Tabla 89.** Proyección de ventas de reciclables para el primer año

Tipo de residuo	Sector	Municipio	2006
Proyección de ventas de Vidrio (\$/año)	Vijagual	Bucaramanga	56.526,34
	Km. 9 Km.22	Florida	370.344,54
	Ruitoque Bajo	Florida	285.880,32
	Acapulco	Girón	1.710.084,10
	Chocoita	Girón	264.439,30
	Bocas	Girón	609.834,70
	Guatiguará	Piedecuesta	433.368,58
	San Francisco Bajo	Piedecuesta	74.718,72
Proyección de ventas de Plástico (\$/año)	Vijagual	Bucaramanga	44.299,87
	Km. 9 Km.22	Florida	290.240,22
	Ruitoque Bajo	Florida	224.045,33
	Acapulco	Girón	1.340.198,45

Tipo de residuo	Sector	Municipio	2006
	Chocoita	Girón	207.241,93
	Bocas	Girón	477.929,43
	Guatiguará	Piedecuesta	339.632,36
	San Francisco Bajo	Piedecuesta	58.557,30
<b>Proyección de ventas de Cartón (\$/año)</b>	Vijagual	Bucaramanga	28.933,16
	Km. 9 Km.22	Florida	189.561,88
	Ruitoque Bajo	Florida	146.328,64
	Acapulco	Girón	875.311,29
	Chocoita	Girón	135.353,99
	Bocas	Girón	312.145,58
	Guatiguará	Piedecuesta	221.820,91
	San Francisco Bajo	Piedecuesta	38.244,98
<b>Proyección de ventas de Metales (\$/año)</b>	Vijagual	Bucaramanga	3.012,51
	Km. 9 Km.22	Florida	19.737,09
	Ruitoque Bajo	Florida	15.235,67
	Acapulco	Girón	91.136,98
	Chocoita	Girón	14.092,99
	Bocas	Girón	32.500,44
	Guatiguará	Piedecuesta	23.095,88
	San Francisco Bajo	Piedecuesta	3.982,05

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Según lo visto en la tabla anterior, el sector donde más se producen ingresos por la venta de residuos reciclables es en Acapulco con \$1.710.084 por vidrio, \$1.340.198 por plástico, \$875.311 por cartón y \$91.136 por metales.

### Plantas de aprovechamiento de residuos orgánicos

La planta de compostaje produce compost el cual puede ser vendido en bultos de 50 Kg. con un precio de venta de \$5.000 pesos por bulto. La planta de lombricultura produce Humus el cual puede ser vendido en bultos de 50 Kg. con un precio de venta de \$13.000 pesos por bulto. Además del Humus, en la planta de lombricultura se puede producir lombrices para la venta, las cuales se logran vender \$5.000 pesos el kg. De la planta de porcicultura se producen porcinos los cuales pueden ser vendidos a \$300.000 pesos la unidad cuando alcancen 100kg. A continuación se muestra la proyección de kg. de compost, en toneladas de Humus, las proyecciones de ventas para cada una de las plantas para el primer año.

**Tabla 90.** Proyección de ventas de compost, Humus, lombrices y porcinos para el primer año

Sector	Proyección de producción de Compost (kg/año)	Proyección Venta de Compost (\$/año)	Proyección de Humus (Ton/año)	Proyección Venta de Humus (\$/año)	Proyección Venta de lombrices (\$/año)	Proyección de ventas de porcinos (\$/año)
Vijagual	881,14	88.114	0,81	211.398	407.933	600.000
Km. 9 Km.22	5.772,95	577.295	5,33	1.385.022	2.672.664	2.400.000
Ruitoque Bajo	4.456,32	445.632	4,11	1.069.141	2.063.111	2.400.000
Acapulco	26.656,90	2.665.690	24,60	6.395.409	12.341.156	11.400.000
Chocoita	4.122,10	412.210	3,80	988.956	1.908.378	1.800.000
Bocas	9.506,14	950.614	8,77	2.280.673	4.400.991	4.200.000
Guatiguará	6.755,38	675.538	6,23	1.620.721	3.127.489	3.000.000
San Francisco Bajo	1.164,72	116.472	1,07	279.435	539.222	600.000

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- Indicadores financieros**

En el establecimiento de los indicadores financieros para una de las opciones de aprovechamiento de los residuos sólidos se dislumbra el comportamiento de los diferentes flujos de inversión, de ingresos y egresos. A continuación, se muestran los indicadores TIR, TVR y VPN para cada una de las plantas propuestas en cada uno de los sectores analizados.

### Planta de compostaje

**Tabla 91.** Indicadores financieros para plantas de compostaje

Sector	Municipio	TIR	TVR	VPN
Vijagual	Bucaramanga	0,00%	-10,18%	-13.358.661
Km. 9 Km.31	Florida	0,00%	5,68%	-7.431.394
Ruitoque Bajo	Florida	0,00%	3,62%	-8.868.918
Acapulco	Girón	20,19%	14,38%	14.623.367
Chocoita	Girón	0,00%	4,20%	-8.910.999
Bocas	Girón	8,69%	9,52%	-3.297.352
Guatiguará	Piedecuesta	0,00%	1,56%	-12.801.312
San Francisco Bajo	Piedecuesta	0,00%	5,16%	-6.160.196

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para las plantas de compostaje, de los sectores analizados, tan solo en Acapulco sería posible montar una organización de este tipo que pudiera arrojar resultar de viabilidad en su operación. La causa principal por la que los otros sectores no resultan viables obedece

a sus altos costos y gastos, comparado con sus mínimos ingresos por la comercialización del compostaje.

### Planta de lombricultura

**Tabla 92.** Indicadores financieros para plantas de lombricultura

Sector	Municipio	TIR	TVR	VPN
Vijagual	Bucaramanga	0,00%	-1,95%	-6.871.099
Km. 9 Km.31	Florida	10,74%	10,53%	-548.378
Ruitoque Bajo	Florida	6,88%	8,95%	-2.045.946
Acapulco	Girón	35,51%	19,41%	25.299.860
Chocoita	Girón	8,14%	9,45%	-1.686.493
Bocas	Girón	19,90%	14,19%	4.852.873
Guatiguará	Piedecuesta	0,00%	6,32%	-4.803.234
San Francisco Bajo	Piedecuesta	10,29%	10,37%	-613.436

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Para la lombricultura, en los sectores de Acapulco y Bocas la operación de dichas plantas resultaría viable. Para los demás sectores se presentarían unos costos que no podrían ser suplidos por los ingresos de las ventas de Humus y de las lombrices.

### Planta de porcicultura

**Tabla 93.** Indicadores financieros para plantas de porcicultura

Sector	Municipio	TIR	TVR	VPN
Vijagual	Bucaramanga	5,62%	7,74%	-1.233.019
Km. 9 Km.31	Florida	25,22%	16,12%	4.158.553
Ruitoque Bajo	Florida	22,20%	15,02%	2.795.231
Acapulco	Girón	58,43%	23,43%	34.937.973
Chocoita	Girón	20,92%	14,74%	2.842.195
Bocas	Girón	35,93%	19,20%	10.618.310
Guatiguará	Piedecuesta	14,71%	12,36%	1.003.111
San Francisco Bajo	Piedecuesta	25,22%	16,10%	3.006.781

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

La propuesta del aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos, para la cría y levante de porcinos en la mayoría de los sectores se presentan viable financieramente, a excepción de Vijagual donde la producción de residuos sólidos orgánicos no es lo suficiente significativa para cubrir los costos y la inversión requerida.

Sin embargo, cada una de estas plantas fueron descartadas por el Grupo Coordinador, por los riesgos técnicos y operativos que implican. Las experiencias recientes de operación de sistemas similares, no ha sido satisfactoria, por lo cual no es recomendable insistir en estas iniciativas sin disponer de un operador técnicamente calificado.

- **Indicadores**

### **Alternativa N° 1**

Los indicadores de la alternativa 1 se describen en términos de lo social, lo ambiental y lo económico.

#### **De beneficio social**

- ✓ Creación de empleos de tipo temporal para la construcción e instalación de los dispositivos de almacenamiento.

#### **De beneficio ambiental**

- ✓ Disposición adecuada de los residuos sólidos generados en los sectores rurales
- ✓ Mejoramiento del entorno paisajístico y las condiciones de saneamiento básico de los sectores seleccionados para el desarrollo del proyecto.

### **Alternativa N° 2**

Los indicadores del proyecto se describen en términos de lo social, lo ambiental y lo económico.

#### **De beneficio social**

- ✓ Creación de empleos de tipo temporal para la construcción de las instalaciones del sistema de tratamiento de residuos sólidos seleccionado y la estación de transferencia de los residuos inertes y de almacenamiento de reciclables en cada sector.
- ✓ Generación de empleo permanente a las personas encargadas de desarrollar el proyecto.

#### **De beneficio ambiental**

- ✓ Clasificación de los residuos sólidos generados en el sector rural para su posterior aprovechamiento.
- ✓ Aprovechamiento de los residuo sólidos orgánicos generados en el sector rural para beneficio de estas comunidades.
- ✓ Comercialización de los residuos reciclables recuperados.
- ✓ Mejoramiento del entorno paisajístico y las condiciones de saneamiento básico de los sectores seleccionados para el desarrollo del proyecto.

- **Cronograma**

A continuación, se relacionan las actividades a desarrollar a lo largo del periodo del proyecto para la Alternativa N° 1.

**Tabla 94.** Cronograma de actividades

Actividades periodo 10 años	Año														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ubicación de los cuartos de almacenamiento															
Adquisición y montaje															
Puesta en marcha del proceso															

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

A continuación, se relacionan las actividades a desarrollar a lo largo del periodo del proyecto para cada una de las alternativas

### Compostaje

**Tabla 95.** Cronograma de actividades compostaje

Actividades Periodo de 15 años	Año														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Construcción del área de compostaje															
Compra trituradora															
Regulación del método de compostaje															
Operación															

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### Lombricultura

**Tabla 96.** Cronograma de actividades lombricultura

Actividades Periodo de 15 años	Año														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Construcción del área de lombricultura															
Compra trituradora															
Operación															

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

## Porcicultura

**Tabla 97.** Cronograma de actividades porcicultura

Actividades Periodo de 15 años	Año														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Construcción de los corrales															
Compra de porcinos															
Operación															

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Recomendaciones**

### Alternativa N° 1

- Es evidente la necesidad de implementar de sistemas el almacenamiento y posterior recolección de residuos en los sectores rurales, donde actualmente no se prestan estos servicios.
- El proyecto mencionado anteriormente, representa una importante alternativa de solución frente a la problemática actual de disposición de residuos, minimizando el impacto ambiental generado por la disposición inadecuada de residuos sólidos.
- La participación de la comunidad es fundamental para el desarrollo del proyecto, ya que es el usuario del servicio de aseo el encargado de llevar los residuos sólidos a los puntos locales de almacenamiento.

### Alternativa N° 2

#### Compostaje

- Es de vital importancia la obtención y utilización de la trituradora con el objeto de alcanzar una degradación rápida.
- El cuidado permanente sobre las pilas de compost se debe realizar sobre la temperatura de la pila, la aireación y la humedad que debe mantener en cada una de sus fases de descomposición.
- En caso de utilizar caldos microbianos para obtener descomposiciones más rápidas y eficientes, se debe tener muy claro su formulación y aplicación a las pilas de compostaje, de manera que no se altere de forma negativa el proceso de compostación.
- Se recomienda que una vez se tenga el compost listo, se realicen análisis de laboratorio que permita determinar la inocuidad del mejorador de suelos, de forma que no afecte las plantas a las cuales sea aplicado.

## Lombricultura

- Las lombrices deben permanecer en condiciones de humedad apropiadas, para evitar el deceso de ellas.
- Las lombrices consumen celulosa y hemicelulosa, de manera que no habría problema en caso de consumir papel, cartón o madera.
- En cuanto a la madera que ellas pueden consumir, se recomienda proporcionarles madera blanca, la cual no contiene taninos nocivos para ellas.
- Se debe tener sumo cuidado de no permitir que en la alimentación de estos animales no se incluya carnes, ni se permita el paso de materiales afilados (vidrio o metales) o corto punzantes, de tal manera que se evite su segmentación.
- En caso de exceder la humedad del lecho, se recomienda dejar escurrir la cama, sin revolverla o dejarla airear demasiado.
- No se les debe proporcionar sal en la alimentación ni en ningún momento, pues esto las derrite.

## Porcicultura

- El manejo de porcinos con residuos sólidos orgánicos domésticos, debe realizarse con sumo cuidado y bajo la supervisión y asesoría de un veterinario.
- Adicional a los cuidados de alimentación e higiene de los porcinos, cabe aclarar que estos animales deben ser vacunados periódicamente según lo sugerido el veterinario a cargo del corral.
- Se recomienda realizar las labores de limpieza de los corrales de manera permanente, con el objeto de evitar olores ofensivos que incomoden, no solo, a las personas que conviven con estos animales, si no a la comunidad aledaña a la granja.
- En general cuando los residuos sólidos hacen parte de la dieta alimenticia de algún animal, se recomienda que estos no se encuentren cocinados, ni en grado de descomposición; los residuos deben estar en lo posible crudos y de estar cocidos se deben estabilizar con cocción previa.

### • Tratamiento de los residuos inorgánicos

#### - Reciclables

El Reciclaje es una de las alternativas utilizadas en la reducción del volumen de los residuos sólidos. Este proceso consiste en volver a utilizar materiales que fueron desechados, y que aún son aptos para elaborar otros productos o refabricar los mismos.

Los materiales reciclables e inertes generados en los sectores rurales del AMB, serán almacenados en los cuartos de aseo para posteriormente ser recogidos por la empresa de aseo.

- **Conclusiones**

- La gestión integral de residuos sólidos en el sector rural del área metropolitana de Bucaramanga, se fundamenta en la incorporación de los asentamientos rurales, como usuarios del servicio público domiciliario de aseo, con participación de las empresas operadoras y la aplicación de tarifas, según la regulación recientemente establecida por la Comisión de Regulación de Agua potable y Saneamiento Básico.
- La alternativa de establecer un valor por costos directos de prestación del servicio de aseo en zona rural, no se considera conveniente, como quiera que las zonas de menor producción se verían afectadas con un alto costo por unidad atendida, lo cual va en contradicción con el concepto de pago en proporción al volumen de residuos generados.
- La alternativa de establecer sistemas de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos en las áreas rurales aledañas, ofrece reducidos márgenes de viabilidad financiera y altos riesgos técnicos, por lo cual no se considera conveniente, como recomendación inmediata. Sin embargo, el diseño técnico y económico ha sido elaborado y esta disponible para ser evaluado en la medida en que se identifique operadores calificados para esta actividad.
- La prestación del servicio de aseo en asentamientos poblacionales rurales, aledaños al AMB debe ser remunerada mediante una tarifa subsidiada, a efecto de garantizar la viabilidad económica del servicio y la disposición a pagar por parte de los usuarios.
- La gestión comercial de las empresas de aseo para incorporar nuevos usuarios en la ruta rural y el control de la autoridad ambiental para garantizar que los usuarios tanto residenciales como no residenciales ubicados sobre dichas rutas, dispongan adecuadamente sus residuos, son elementos fundamentales para la viabilidad de la extensión de la cobertura del servicio de aseo en el sector rural.
- Los municipios deberán asumir su contribución a este programa, con la construcción de la infraestructura para almacenamiento temporal de los residuos, de manera que la recolección se pueda realizar 1 vez por semana. Adicionalmente, deberán asumir el subsidio, a cargo del Fondo de Solidaridad y Redistribución del Ingreso de cada municipio
- En el evento de identificar operadores calificados para el manejo de desechos orgánicos, el municipio deberá también asumir la responsabilidad de la aplicación de las campañas de cultura ciudadana para promover la separación en la fuente y el apoyo al montaje de la infraestructura de procesamiento, de manera tal que la clasificación y procesamiento de los materiales de desecho sea costo-eficiente.

## 4.2 Programa de selección y clasificación en la fuente de los residuos sólidos generados en el sector rural de los municipios del AMB.

### 4.2.1 Planteamiento del problema

La disposición inadecuada de los residuos sólidos en los diferentes sectores rurales del AMB se evidencia notablemente en los basureros clandestinos ubicados sobre las vías públicas, en las quemas de los residuos y en los vertimientos a los ríos, que demuestran la falta de cultura ciudadana en torno al manejo de los residuos generando deterioro paisajístico e impactos ambientales irremediables al medio ambiente.

Por lo anterior, el problema identificado en este caso es **la falta de motivación por parte de los habitantes del sector rural para separar en la fuente los residuos con potencial aprovechable.**

- **Objetivos**

**Objetivo General:**

- ✓ Promover campañas de separación en la fuente, para los sectores rurales seleccionados que conforman el AMB, a fin de generar conciencia en cuanto al manejo de los residuos sólidos.

**Objetivos específicos**

- ✓ Sensibilizar a la comunidad del sector rural de los municipios que conforman el Área Metropolitana de Bucaramanga, sobre el manejo y aprovechamiento adecuado de los residuos sólidos.
- ✓ Consolidar en los hogares del sector rural del AMB, la cultura de la separación en la fuente de los residuos sólidos.
- ✓ Crear conciencia en la comunidad perteneciente al sector rural del AMB sobre el manejo y aprovechamiento adecuado de los residuos sólidos, con el fin de disminuir su descarga al medio ambiente.

- **Alcance**

La propuesta está orientada hacia el diseño de un programa que garantice la separación en la fuente de los residuos sólidos aprovechables apoyado en el componente educativo de cada uno de los sectores rurales del Área Metropolitana de Bucaramanga.

- **Descripción técnica del proyecto**

Este proyecto contiene dos grandes componentes: La promoción y separación de los residuos sólidos puerta a puerta y las acciones de apoyo para garantizar el manejo integral de los residuos sólidos en los sectores rurales del AMB. A continuación se presenta la descripción técnica de la campaña de separación en la fuente:

- ✓ **Proceso de Capacitación Puerta a Puerta**

Durante éste proceso se pretende brindar capacitación puerta a puerta a los habitantes de los sectores rurales en estudio, indicándoles qué son residuos aprovechables, cuáles son los reciclables y cuáles los orgánicos, cómo se pueden separar, por cuánto tiempo, quién los recogerá y con qué frecuencia; así mismo, es necesario hacer énfasis en el aporte ambiental y social que se ejecutará con la realización de esta labor.

Es importante mencionar que se requiere de un proceso de evaluación que permita medir la efectividad de la campaña puerta a puerta y detectar las fallas y las necesidades que deben ser cubiertas para lograr el objetivo planeado.

Para el desarrollo de este proyecto, se debe gestionar la vinculación de los colegios para que esta labor sea desarrollada por los estudiantes de los últimos grados, en cumplimiento de su acción social obligatoria. Estos jóvenes deben ser formados, al igual que los docentes coordinadores del trabajo, durante tres meses previos al inicio del proceso.

Para el trabajo de campo, se parte de las siguientes premisas:

- Cada visita tendrá una duración promedio de 20 minutos, tiempo que incluye el traslado al siguiente predio.
- La dedicación semanal de cada alumno facilitador, se desarrolla dependiendo el número de viviendas a visitas, en todo caso cada vivienda será visitada una vez en la semana por los alumnos.
- El proceso de capacitación puerta a puerta se realizará durante 8 meses. Durante las cuatro primeras visitas se instruirá en el manejo de los residuos sólidos, la importancia de la realización de éstos proyectos y los beneficios sociales y ambientales que conlleva. En las 4 siguientes visitas se hará énfasis en la separación tanto de los residuos sólidos orgánicos, como de los inorgánicos. Los meses siguientes se realizará un seguimiento del mismo..
- Durante el proceso se entregarán volantes informativos sobre los días de recolección y la forma de separación en la fuente de los residuos, en el trabajo de los Agentes Educativos se entregará, como material de apoyo, un plegable con mayor información sobre el aprovechamiento de los residuos sólidos y fortaleciendo las debilidades encontradas.
- Es importante resaltar que el principal atractivo del proceso educativo se debe basar en el beneficio económico que obtendrán los sectores rurales por la compra del material recuperado. El valor que reciban por concepto del pago del material reciclable, puede mostrarse como un descuento en la tarifa del servicio de aseo.

Las acciones de apoyo en cultura ciudadana se apoyan en la divulgación del Código de Policía, presentado durante el desarrollo de la etapa I del PGIRS; por esta razón se retoma en este proyecto su divulgación y conocimiento Para garantizar el manejo integral de los residuos sólidos.

- **Indicadores**

Los indicadores presentados a continuación, permitirán determinar la efectividad de la campaña educativa orientada hacia el aprovechamiento de los residuos sólidos generados en el sector rural del AMB:

**- Indicadores de beneficio social**

Los beneficios sociales que ofrece la realización de este proyecto, están relacionados con la divulgación de las campañas educativas

Cantidad de usuarios que realizan separación en la fuente / Cantidad de usuarios capacitados

**- Indicadores de beneficio ambiental**

Cantidad de residuos orgánicos recuperados / Cantidad de residuos orgánicos proyectados a recuperar.

Cantidad de materiales reciclables recuperados/ cantidad de materiales reciclables proyectados a recuperar.

- **Presupuesto**

Para la realización de este prospecto se precisa un costo por usuario de aproximadamente \$5.000 pesos para los municipios de Floridablanca, Girón y Piedecuesta, para Bucaramanga el valor es de \$10.000 pesos por usuario. Los siguientes valores son los dispuestos para cada uno de los municipios:

**Tabla 98.** Presupuesto programa de cultura ciudadana

Municipio	Nº usuarios	Totales
Bucaramanga	30	300.000
Floridablanca	208	1.040.000
Girón	931	4.655.000
Piedecuesta	195	975.000

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

Nota: Este presupuesto corresponde a la ejecución del proyecto por parte de cada municipio.

Estos valores incluyen materiales didácticos, visitas, plan de medios y demás necesarios para desarrollar la actividad.

### • Cronograma

A continuación, se relacionan las actividades para el desarrollo del presente proyecto:

**Tabla 99.** Cronograma del programa de cultura ciudadana

Actividad	Tiempo																				
	Meses												Años								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diseño y elaboración del material didáctico	■																				
Campañas en centros educativos		■																			
Distribución del material y visitas			■	■	■	■	■														
Evaluación de la campaña							■														
Visitas de refuerzo								■	■	■	■										
Seguimiento												■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### • Conclusiones

- La realización de los programas de separación en la fuente forman parte elemental de la ejecución de las alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos generados en los sectores rurales del AMB.
- Los programas de separación en la fuente deben basarse en un componente de evaluación que permita conocer la efectividad de la misma para poder tomar medidas correctivas.
- Es importante involucrar en este programa talento educativo de la zona que con el fin de que los habitantes se apropien aún más del desarrollo y la ejecución del mismo.
- Se debe dar a conocer la importancia de la realización de este proyecto para que la comunidad lo acoja y lo aplique en sus actividades cotidianas.

### 4.3 PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA DISPOSICIÓN INADECUADA DE ESCOMBROS Y OTROS DESECHOS SÓLIDOS EN EL SECTOR RURAL

La disposición inadecuada de escombros es una problemática ambiental urbana que se relaciona no sólo con la invasión de espacio público y destrucción de ecosistemas, sino también con deficiencias en los sistemas de saneamiento básico. Desde el punto de vista del ordenamiento, se requiere asignar áreas para la disposición de escombros de manera adecuada; atendiendo a criterios técnicos referidos a la tenencia de la tierra, condiciones geotécnicas, capacidad, e infraestructura vial.

Todos los sectores tienen sus puntos negros, en el caso de la construcción, la producción de grandes cantidades de escombros encabeza la lista; obras reformas de baños, cocinas, suelos, derribos de inmuebles en mal estado, construcción de nuevas edificaciones... toneladas y toneladas de materiales que, en el mejor de los casos terminan en vertederos autorizados y que, como sucede con frecuencia, acaban en instalaciones incontroladas, con los consiguientes perjuicios medioambientales.

Es por esto que se hace necesaria la identificación y control de los vertederos clandestinos de escombros en el Área Metropolitana de Bucaramanga; con el fin de mitigar los impactos medioambientales y a la salud de las comunidades aledañas. Para alcanzar esta meta se proponen medidas de control para evitar la disposición de escombros en sitios no autorizados.

- **Objetivos**

**Objetivo General:**

- Formular medidas de control y limpieza de vermas en las vías que conducen a los sectores rurales del AMB.

- **Objetivos Específicos**

- Diseñar barreras de control para evitar la disposición inadecuada de escombros.
- Plantear soluciones para la disposición adecuada de escombros y otros residuos en las viales rurales del Área Metropolitana de Bucaramanga.
- Proponer modelos de señalización que indiquen cuales son los sitios autorizados por la autoridad ambiental para la disposición de escombros.

- **Alcance**

El presente proyecto busca definir las medidas de manejo y control para la disposición inadecuada de escombros y otros residuos y minimizar la proliferación de botaderos clandestinos.

- **Planteamiento Del Problema**

Según la Autoridad Ambiental, en el Área Metropolitana de Bucaramanga existen dos escombreras autorizadas para la disposición de este tipo de residuos, estas son:

- *El Dorado: Ubicada 700m adelante del puente Bahondo, margen izquierdo vía a Zapatoca.*

Sin embargo, muchos de los residuos procedentes de la construcción u otros tipos de residuos disponen de manera ilegal en botaderos clandestinos de escombros lo que genera problemas de tipo ambiental y sanitario, esta tendencia se ve incrementada principalmente por:

- Comodidad de la población al no llevar sus residuos hasta donde los sitios de disposición debidamente autorizados para este tipo de residuos.
- Comodidad de empresas al no llevar sus residuos hasta instalaciones de disposición final y botarlos en terrenos como se menciona en el punto anterior.
- Inapropiado manejo de residuos de construcción y demolición por parte de empresas y la población.
- Falta de conciencia de la población vecina a estos sitios.
- Desconocimiento de la comunidad de las escombreras autorizadas en el AMB.

Con lo anterior queda claro que cada parte involucrada llámese municipio, comunidad, dueños de terrenos o empresas en general, juegan un papel muy importante en la aparición de los botaderos clandestinos de escombros.

Los municipios son responsables del mantenimiento, el aseo y el cuidado de la ciudad es decir debe procurar por el bienestar social. La comunidad tiene un papel importante frente a la generación y permanencia de este tipo de botaderos especialmente porque a la comunidad le compete el cuidado de su entorno más cercano, la vigilancia de sitios con potencial de convertirse en basurales clandestinos y la denuncia de vertidos ilegales. Por otra parte, los empresarios son responsables por el destino de sus residuos, por lo que deberían preocuparse de darle una adecuada disposición. Por último los dueños de los terrenos deben responsabilizarse proporcionando un mantenimiento adecuado, esto es limpieza y cierre.

Por lo tanto es importante definir que es escombros y que tipo de materiales los constituyen:

*Escombro: Todo residuo sólido sobrante de la actividad de la construcción, de la realización de obras civiles o de otras actividades conexas complementarias o análogas.<sup>13</sup>*

La mayoría de los residuos de construcción se pueden clasificar como inertes excepto una pequeña parte que incluye ciertos residuos peligrosos como el amianto, fibras minerales y algunos disolventes.

La composición de los residuos de construcción, depende directamente del tipo de actividad generadora de los residuos. Las actividades de derribo y demolición son las principales fuentes de producción de residuos. La masa completa del edificio o estructura demolida pasa directamente a ser residuo, exceptuando aquellos elementos que se extraen del flujo general para ser reutilizados o valorizados, como ocurre con la madera, el cristal etcétera.

En cuanto a la construcción, la producción de residuos va estrechamente ligada a los tipos de edificación y con las distintas fases constructivas de la obra.

Los residuos procedentes de pequeñas obras domiciliarias, tienen la consideración de residuos municipales. En su composición abundan los materiales cerámicos y el yeso y, debido al descontrol de botaderos clandestinos, éstos son los escombros más difíciles de cuantificar y controlar.

Técnicamente, una escombrera requiere:

1. Ser localizada prioritariamente en áreas cuyo paisaje se encuentre degradado, para contribuir a su restauración paisajística.
2. Definir las medidas de mitigación y manejo para disminuir los impactos paisajísticos.
3. Definir en tiempo y espacio la ubicación de materiales para restauración paisajística o para la reutilización de residuos.
4. Establecer un Plan de manejo ambiental y regular el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros.
5. Determinar obras de control de sedimentos y drenaje.
6. Después de cumplir su función éstas se adecuaran o se destinarán a actividades compatibles como áreas recreativas, parques, entre otras.

Los botaderos de escombros clandestinos se presentan en diferentes sitios del Área Metropolitana de Bucaramanga, entre ellos están, sitios del Km. 22 vía a Cúcuta, en la vía a Zapatoca y en la salida hacia el Norte de Bucaramanga.

<sup>13</sup> Definición según *Decreto 357 de 1997*, Por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción.

### **Problemas asociados a vertederos ilegales**

#### ♦ **IMPACTOS AMBIENTALES**

Los impactos ambientales asociados a los botaderos clandestinos son:

*Contaminación del Suelo:* El vertimiento de residuos de todo tipo, incluidos residuos peligrosos tiene acción directa sobre el suelo alterando en forma negativa sus características estructurales y químicas originales lo que generalmente es ocasionado por el movimiento de contaminantes desde los residuos hacia el suelo.

*Contaminación de Aguas superficiales y subterráneas:* Al no contar con un manejo adecuado de las aguas lluvias ni una protección del suelo, es probable que producto de la lluvia se infiltren contaminantes hacia el subsuelo con la consecuente contaminación de capas subterráneas. Otra situación posible es el arrastre de residuos hacia cursos de agua superficial naturales como ríos o esteros o de origen antrópico como acequias o canales de regadío.

*Contaminación del Aire:* Este tipo de contaminación se encuentra asociada a la generación de olores producto de la descomposición de los residuos, y a emisiones gaseosas y de material particulado provocada por quemas de residuos, que es una práctica bastante común para disminuir volumen y recuperar metales o que pueden ser producto de incendios de grandes proporciones.

*Alteración del Paisaje:* Aunque en algunos casos los basurales clandestinos se ubican en zonas de poco valor desde el punto de vista paisajístico, este impacto ambiental no es menor ya que contribuye a la pérdida del valor de ambiental del entorno en que se sitúan.

#### ♦ **SALUD DE LA COMUNIDAD**

Los riesgos para la salud asociados a los vertederos ilegales pueden ser muy altos en el caso de las personas que viven en estos lugares y de quienes realizan recuperación de materiales, ya que estas personas quedan expuestas directamente a las características físicas y químicas de los residuos, que en algunos casos pueden corresponder a peligrosos.

Otras fuentes de riesgo o daño para salud de las personas producto de los basureros clandestinos están relacionadas a la presencia de roedores y otro tipo de vectores sanitarios y la contaminación asociada a estos sitios.

#### • **Marco Legal**

Según la reglamentación establecida en el *Decreto 1713 de 2002* relacionada con el manejo y disposición de escombros se tiene que:

1. Es responsabilidad de los productores de escombros, su recolección, transporte y disposición en las escombreras autorizadas.
2. El manejo de escombros deberá ser coordinado por el Municipio y los prestadores del servicio de aseo, en el marco de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos "PGIRS".
3. La recolección, transporte y disposición final de escombros deberá efectuarse en forma separada del resto de residuos y cumplir con lo dispuesto en la resolución Minambiente No. 541 de 1994.
4. Es función de las autoridades ambientales, ejercer la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del suelo.

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial por medio de *Resolución número 0541 de 1994*, reguló el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación y en relación con la disposición de escombros, estableció los criterios básicos para su manejo ambiental.

### **Medidas Preventivas y Sancionatorias**

<sup>14</sup>Esta prohibido arrojar, ocupar, descargar o almacenar escombros y materiales de construcción en áreas de espacio público. Los generadores y transportadores de escombros y materiales de construcción serán responsables de su manejo, transporte y disposición final de acuerdo con lo establecido en el presente decreto.

<sup>15</sup>La infracción a las normas determinadas en el presente decreto dará lugar a las siguientes medidas preventivas y sancionatorias.

#### *Medidas Preventivas:*

1. Amonestación verbal o escrita.
  2. Decomiso temporal de equipos utilizados para cometer la infracción.
  3. Realización, por parte del infractor, dentro de un tiempo perentorio, de los estudios y evaluaciones requeridas para establecer la naturaleza, efectos e impactos de los daños causados por la infracción y de las medidas necesarias para mitigarlos o compensarlos.
- ♦ El pago de las multas no exime al infractor de la obligación de reparar el daño causado.

<sup>14</sup> Decreto 357 de 1997, Artículo 2.

<sup>15</sup> Decreto 357 de 1997, Artículo 13.

*Medidas sancionatorias:*

- a. Multas diarias entre uno y diez (10) salarios mínimos mensuales vigentes.
- b. Suspensión de la Actividad que dio lugar a la infracción.

- **Descripción Técnica del Proyecto**

La realización de este proyecto implica la participación de grandes actores como son la comunidad y la Autoridad Ambiental. A Continuación se mencionan cada uno de ellos:

- **Liderazgo y apoyo por parte de las autoridades locales**

Es necesario que las autoridades se involucren con el desarrollo de un programa de prevención para asegurar que los recursos que se entreguen sean los suficientes para un exitoso desarrollo del plan y que se apliquen todas las normas específicas para lograr tal fin.

Las autoridades locales como la policía, funcionarios del servicio de salud, funcionarios municipales y vecinos, deben aunar esfuerzos para ayudar en Áreas de fiscalización y campañas educativas.

- **Plan de acción**

Un plan efectivo, requiere de la integración de varias estrategias complementarias entre sí. Éstas son fundamentales para la ejecución de un plan preventivo y correctivo por lo que deben desarrollarse en forma paralela y coordinada. Estas son:

1. Localización, seguimiento y control de actuales o potenciales sitios y zonas de botaderos clandestinos e impedir el ingreso de nuevos residuos.

En esta etapa inicialmente corresponde la realización de un diagnóstico de la situación estableciendo la cantidad y características de los botaderos clandestinos detectados, identificando potenciales sitios para implementar las medidas de control. Posteriormente debe realizarse un seguimiento para ver la eficacia y cumplimiento de las medidas adoptadas.

2. Implementación de Medidas de Control

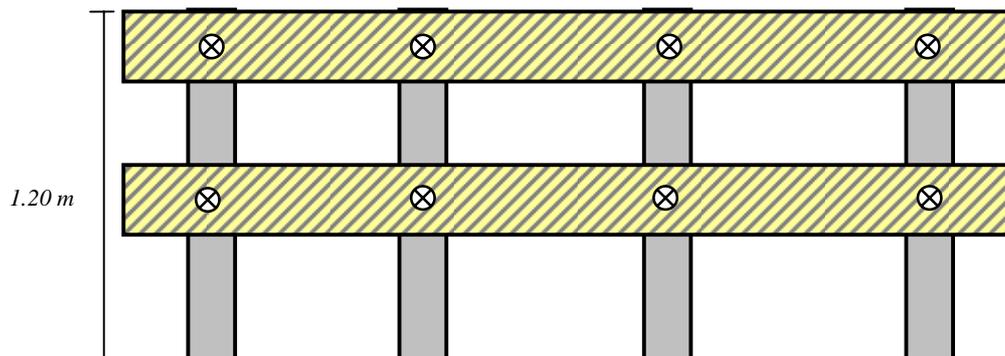
Como medida de control se propone la instalación de barreras que dificulten la disposición de los escombros u otros residuos, así como de señales informativas donde se ilustren los lugares autorizados para el vertimiento de escombros y las multas vigentes legales.

Actividades informativas a realizar

1. Informar a la comunidad el tipo de sanciones y multas establecidas
  2. Indicar a la comunidad dónde pueden ir a depositar los residuos.
  3. Implementación de un sistema de denuncias de la comunidad.
  4. Establecer con las empresas de aseo brigadas de limpieza de aseo, donde la comunidad participe como principal promotora.
3. Diseño de la barrera y señalización a instalar en los sitios de disposición inadecuada de escombros

Las barreras están diseñadas con el fin de obstaculizar la disposición inadecuada de escombros; generando diferentes impactos tanto en el ambiente como en la salud de las personas que viven en los alrededores de estos sitios. Estas barreras serán instaladas en los lugares identificados como botaderos clandestinos de escombros. El material de fabricación de las barreras es lámina galvanizada, y posee las siguientes dimensiones:

**Figura 12.** Barrera de Prevención, para Botaderos de Escombros Clandestinos



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

**Figura 13.** Señalización de Botaderos de Escombros Clandestinos



Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Presupuesto**

Además del valor de la instalación y compra de las barreras de prevención y señales, se pretende desarrollar brigadas de aseo y los valores de disposición final de escombros, a continuación se exponen dichos costos:

**Tabla 100.** Presupuesto del programa de prevención y control de la disposición inadecuada de escombros y otros desechos sólidos en el sector rural

Descripción	Unidad o Medidas	Valor (\$)
Brigada de aseo	Unidad	300.000
Disposición final de escombros	Unidad	350.000

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

A cargo del Área Metropolitana se encuentran las inversiones para la instalación de las barreras de prevención y los letreros de advertencia. Se estimó unas cantidades globales para cada una de estas inversiones: 1 kilómetro de barreras y 40 letreros.

**Tabla 101.** Costo total del suministro de barreras y señalización

Descripción	Unidad o Medidas	Valor (\$)	Cantidad	Valor total
Suministro e instalación de barrera vial, en separadores, terminales y capta faros.	Metro Lineal	414.990	1.000	414.990.000
Elaboración de señalizados en lamina galvanizada, con soporte en ángulo de 2 pulgadas por 1/8 de grosor.	Calibre 24, de 2x1 m	245.920	40	9.836.800

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Cronograma**

A continuación se presenta el cronograma para el desarrollo del presente proyecto:

**Tabla 102.** Cronograma de actividades

Actividades	Tiempo en meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Diagnóstico de la situación estableciendo la cantidad y características de los botaderos												
Informar a la comunidad el tipo de sanciones y multas establecidas												
Identificación de sitios donde se instalarán las barreras												
Diseño de barreras												
Jornadas de limpieza por parte de la comunidad y las empresas de aseo												
Instalación de barreras												
Seguimiento												

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

- **Conclusiones**

- Este proyecto es formulado debido a la necesidad de sanear las vermas de las diferentes vías Ruales del Área Metropolitana de Bucaramanga, y así mismo controlar los vertimientos ilegales de escombros y otro tipo de residuos que generan riesgos ambientales para la salud de la comunidad.
- Mediante la ubicación de barreras y avisos informativos, además de comprometer a la comunidad con la protección del medio ambiente; se busca concienciar a las personas del vertimiento ilegal de escombros y ubicar los sitios correspondientes y autorizados para la disposición adecuada de este tipo de residuos.

## 5. ESTRUCTURA DEL PLAN

El plan se estructuró en 2 programas y 3 proyectos, que se presentan en la tabla adjunta, cada uno está compuesto por objetivos, alcances, metas, procesos técnicos y evaluaciones financieras. El costo total del plan para el primer año en inversión requerida se estima en una suma de \$44'470.000. Los proyectos se encuentran a nivel de prefactibilidad, por lo cual la inversión inicial incluye los estudios definitivos que nos permitirán actualizar esta cifra.

**Tabla 103.** Estructura del plan

Descripción general de los programas	Proyectos
1. CULTURA CIUDADANA	Campañas de selección y separación en la fuente,
	Diseño de un programa de prevención y control para la disposición inadecuada de escombros.
2. ALTERNATIVA DE TRATAMIENTO Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	Ampliación del servicio público de aseo al área rural
	Aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos por medio de la Lombricultura, compostaje y porcicultura.
	Comercialización del material reciclable generado en los diferentes sectores rurales y recolección del material inerte por parte de una empresa de aseo.

Fuente: Equipo Técnico PGIRS

### 1. Cultura ciudadana:

Este proyecto busca generar compromiso por parte de los habitantes de los sectores rurales del AMB, para el aprovechamiento de los residuos sólidos generados y la disminución de los impactos al ambiente. Así mismo, este programa contiene un segundo proyecto, Recuperación de Vermas, que persigue en buena parte un cambio de actitud en los habitantes y visitantes de estas zonas para evitar el vertimiento inadecuado de los residuos o desechos en vías o áreas públicas.

Además de campañas y acciones educativas, se hace necesario recordar la existencia de la propuesta de inclusión de un régimen de sanciones e incentivos a los ciudadanos, acerca del Código de Policía o de Convivencia que fue presentado durante la fase I del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del AMB en el año 2004.

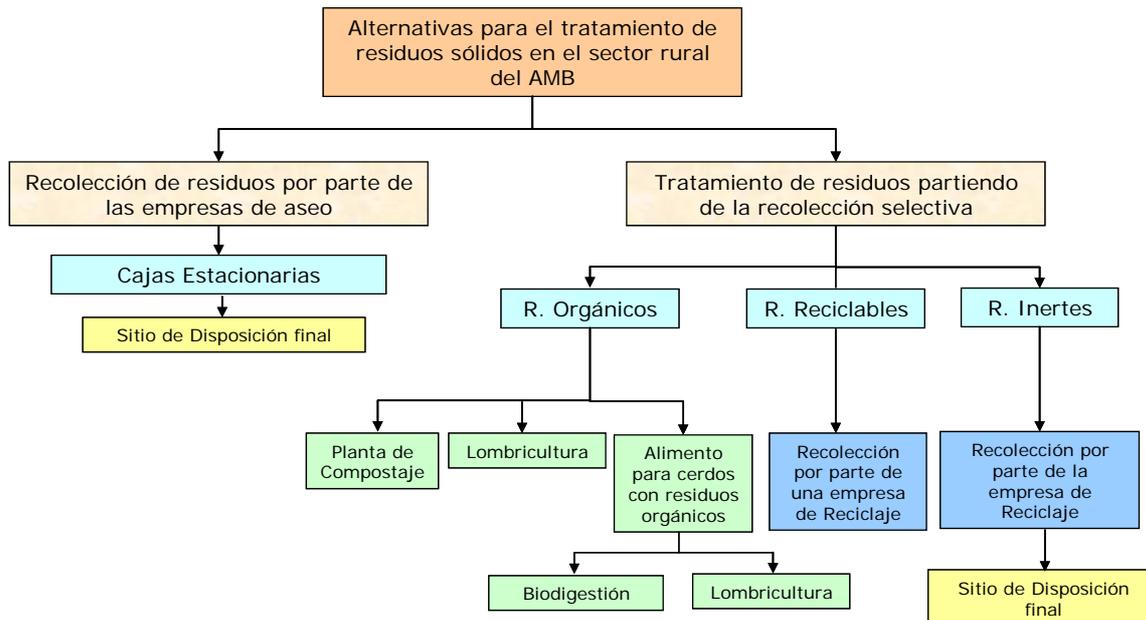
## 2. Alternativas de Tratamiento y disposición final:

Las alternativas para el tratamiento y disposición final de residuos sólidos buscan disminuir los impactos causados por la inadecuada disposición de residuos en los sectores rurales del AMB, por lo tanto se plantean los siguientes programas:

- Recolección conjunta de residuos sólidos (sin realizar separación en la fuente).
- Recolección selectiva de residuos en la que se incluye tratamiento con residuos orgánicos (compostaje, lombricultura y alimento de porcinos con residuos orgánicos), recolección de residuos inertes e inservibles y comercialización de residuos reciclables.
- Aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables por medio de la comercialización y recolección de residuos inertes por parte de las empresas de aseo.

En la siguiente figura se muestran las alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos en el sector rural:

**Figura 14.** Alternativas para el tratamiento de los residuos sólidos en el sector rural



Fuente: Equipo Técnico PGIRS