

8-2015

Estudio de viabilidad del relleno sanitario y plantas de proceso de residuos solidos del municipio de Puente Nacional Santander

Mayra Alejandra Garzon Diaz
Universidad de La Salle, Bogotá

Paola Andrea Vanarken Gracia
Universidad de La Salle, Bogotá

Follow this and additional works at: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil



Part of the [Civil Engineering Commons](#)

Citación recomendada

Garzon Diaz, M. A., & Vanarken Gracia, P. A. (2015). Estudio de viabilidad del relleno sanitario y plantas de proceso de residuos solidos del municipio de Puente Nacional Santander. Retrieved from https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/35

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería Civil by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact ciencia@lasalle.edu.co.

**ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO Y PLANTAS DE PROCESO
DE RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL (SANTANDER).**

MAYRA ALEJANDRA GARZON DIAZ

PAOLA ANDREA VANARKEN GRACIA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE INGENIERÍA CIVIL.

BOGOTÁ D.C.

2015

**ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO Y PLANTAS DE PROCESO
DE RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL (SANTANDER).**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de

Ingeniero Civil

Director Temático

Ing.

Mag. Luis Efrén Ayala Rojas

Asesora Metodológica

Mag. Marlene Cubillos Romero

Universidad de La Salle

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Civil

Bogotá D.C.

2015

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, Agosto de 2015

Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a:

El director de tesis el Ingeniero Luis Efrén Ayala Rojas por el tiempo y dedicación prestado en el desarrollo de nuestro proyecto de grado.

De igual manera a Marlene Cubillos Romero por su asesoría constante e indicaciones puntuales para estructurar el proyecto de grado.

A todos los docentes que con cada una de sus enseñanzas contribuyeron a formarnos como Ingenieras Civiles.

A los jurados: Ingeniero Alejandro Franco y al Ingeniero Barreto xxxxx, profesores de la Universidad de La Salle que con su experiencia nos aportaron conocimientos para llevar con éxito el presente trabajo investigativo.

Dedicatoria

Dedico este trabajo primero que todo a Dios por ser el principal Autor de mi vida, por permitirme estudiar, superarme como persona, guiarme, amarme y protegerme en cada paso realizado, a mi Papa John Wilson Van Arken por su gran ejemplo, apoyo, esfuerzo y amor incondicional, ya que gracias a su esfuerzo y dedicación logro ser profesional, a mi mama Ana Gracia por su amor, paciencia, apoyo y por haberme enseñado que a pesar de las circunstancias hay que continuar y ser feliz. Agradezco a mi hijo S. Faber Van Arken por ser el motor de mi vida, por animarme a continuar a pesar de las caídas y primero que todo le agradezco por todos los días recibirme con un te amo que me llena de valor y felicidad, y por último agradezco a cada miembro de mi familia, a mis amigos y docentes que con cada enseñanza lograron que hoy culmine un paso en mi vida.

Dedicatoria

Dedico éste logro alcanzado a las personas que más amo, a Rubén Darío Garzón y Ana Jesús Díaz a quienes tengo el honor y la bendición de llamar Padres, a quienes debo el ser la mujer que soy. A mis hermanos Hernán Darío Garzón Díaz y Daniela Garzón Díaz quienes son un apoyo y ayuda en mi formación tanto como persona como en ésta carrera. A mí adorado esposo Samir Verano González quien fue un apoyo constante e incondicional y la razón de mi felicidad eterna.

A mi compañera en éste proyecto, Paola Andrea Van Arken Gracia, con quien tuve el gusto de trabajar y a quien más que una compañera, tengo la fortuna de considerarla mi amiga.

Finalmente a Dios a quien todo: Debo.

Mayra Alejandra Garzón Díaz

Tabla de Contenido

<i>LISTA DE TABLAS</i>	9
<i>Introducción</i>	10
<i>1. Descripción del problema</i>	12
1.1. Planteamiento del problema	12
1.2. Formulación del problema	13
1.3. Delimitación	13
1.4. Justificación	13
<i>2. Objetivos</i>	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos	15
<i>3. Marco referencial</i>	15
3.1. Antecedentes teóricos	15
3.2. Marco teórico	16
3.2.1 La disposición final de residuos	16
3.2.2 El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)	16
3.2.3 Residuos Sólidos	17
3.2.4 Disposición de residuos sólidos	19
3.2.5 Alternativas para el tratamiento y valoración	20
3.2.6 Control y tratamiento de la generación de lixiviados	21
3.3. Marco conceptual	22
3.4. Marco normativo	23
<i>4. Características generales del municipio</i>	24
4.1. Aspectos Generales	25
4.1.1 Localización.	25
4.1.2 Clima.	25
4.1.3 Geología y geomorfología del municipio	25
Fuente: El autor	27
4.1.4 Usos Del Suelo	28
4.1.5 Áreas definidas para el servicio de aseo.	34
4.1.6 Geografía regional y conectividad con otros municipios.	34
4.1.7 Sistema Vial.	35

	5
4.2. Demografía	37
4.2.1 Población.	37
4.2.2 Densidad de población.	38
5. Diagnostico situacional	39
5.1. Diagnostico socioeconómico	39
5.1.1 Actividades Económicas Principales.	39
5.1.2 Sector primario.	40
<input type="checkbox"/> Organizaciones de recicladores, descripción de sus actividades y número de recicladores (# recicladores).	41
5.1.3 Numero de recicladores con empleo formal.	41
5.2. Diagnóstico ambiental	42
<input type="checkbox"/> Descripción de los impactos ambientales generados por las unidades de aprovechamiento y de disposición final.	42
	43
5.2.1 Descripción impactos ambientales de la Planta de Compostaje:	45
<input type="checkbox"/> Descripción del sistema de gestión ambiental del municipio de Puente Nacional y de la Empresa “Acuapunte ESP” como responsable de la prestación del servicio de aseo. ____	47
5.3. Diagnostico técnico	53
5.3.1 Identificación y descripción del micro rutas empleadas.	53
5.3.2 Número de viajes realizados al mes.	55
5.3.3 Tiempo promedio efectivo de recolección	56
5.3.4 Tiempo promedio improductivo de viaje (expresado en horas)	56
5.3.5 Áreas de servicio exclusivo	58
5.3.6 Características del vehículo de recolección del servicio de aseo ordinario.	58
5.3.7 Descripción de la infraestructura existente	61
5.3.8 Número de operarios en recolección y transporte (ORT)	62
5.3.9 Costo anual de personal dedicado a las actividades de recolección y transporte (CPRT):	62
5.3.10 Cobertura de recolección, respecto al área urbana:	64
5.3.11 Cantidad total de producto terminado (compost) de origen orgánico al mes en Ton/mes (PTO).	64
5.3.12 Descripción de la infraestructura y maquinaria existente.	64
6. Caracterización de los residuos	66
6.1. Caracterización física de los residuos sólidos en Puente Nacional.	66
6.2. Procedimiento	67
6.3. Resultados:	74

	6
7. Diseño de micro ruteo de recolección	88
7.1. Parámetros de diseño	88
7.2. Tiempos de ciclo	89
7.3. Identificación y descripción del micro rutas empleadas.	89
7.4. Tiempo de ciclo	90
7.5. micro rutas propuesta	91
8. Diseño relleno sanitario	91
8.1. Tipos de relleno sanitario	91
<input type="checkbox"/> Tipo área	91
<input type="checkbox"/> Tipo rampa	91
8.2. Volumen del relleno y área requerida	93
8.3. Área total requerida para la realización del relleno teniendo en cuenta los siguientes parámetros	96
8.4. Selección del método de relleno	102
8.4.2 Diseño de la celda diaria	103
8.4.3 Calculo de mano de obra	107
V8.4.4 Cantidad de personal requerido para la labor	107
8.5. Generación de lixiviado	108
8.5.1 Calculo de la generación del lixiviado	108
8.5.2 Diseño del sistema de drenaje de lixiviado	109
8.5.3 Proyección del caudal del lixiviado	112
8.5.4 Proyección del caudal del lixiviado	112
8.6. Diseño de laguna de lixiviado	113
8.6.1 Dimensiones de la laguna de lixiviados	113
8.7. Diseño drenaje de aguas lluvias	116
8.7.1 Caudal pico de aguas lluvias	117
8.7.2 Diseño por medio de la ecuación de Manning.	117
8.7.3 Drenaje de gases	119
9. Alternativas para el aprovechamiento y la disposición final de los residuos sólidos.	128
9.1. Reciclaje.	128
9.1.1 Conceptos básicos para el dimensionamiento de una bodega de reciclaje	128

9.1.2 Costos asociados al montaje, puesta en marcha y operación del sistema de recuperación de materiales reciclables _____	132
9.1.3 Análisis de costos para la incorporación y operación de la bodega de reciclaje en el municipio de Puente Nacional. _____	133
9.2. Incineración _____	137
9.2.1 Tipos de desechos: _____	137
9.3. Reducción mecánica del volumen (compactación) _____	139
9.3.1 Vehículos recolectores _____	139
9.3.2 Gastos de operación _____	141
10. Viabilidad _____	141
10.1. Ingresos por venta de abono orgánico año 2014. _____	142
10.2. Costo anual (2014) por disposición final de residuos sólidos. _____	142
10.2.1 Costos unitarios por componente: _____	142
10.2.2 Evaluación _____	144
11. Conclusiones _____	148
12. Recomendaciones _____	149
13. BIBLIOGRAFIA _____	151

LISTA DE FIGURAS

figura no. 4-1: localizacion geografica puente nacional _____	26
figura no. 4-2: panorámica de puente nacional _____	26
figura no. 4-3: cabecera municipal de puente nacional _____	27
figura no. 4-4: mapa usos del suelo urbano municipal de puente nacional _____	29
figura no. 4-5: mapa de usos de suelo rural del municipio de puente nacional _____	33
figura no. 4-6: nodo vial provincia de velez con el departamento de santander _____	36
figura no. 5-1; planta de compostaje. pilas de compostaje y drenajes de lixiviados _____	42
figura no. 5-2: planta de compostaje - sistema de tratamiento de liquido percolado (lixiviados) _____	43
figura no. 5-3: planta de compostaje - tratamiento de aguas residuales procedentes del lavado de la planta _____	44
figura no. 5-5: publicidad emitida como parte de la campaña de educacion al usuario para la clasificacion de los residuos solidos _____	51
figura no. 5-6: sistema de recoleccion y transporte de los residuos solidos _____	52
figura no. 5-7: transporte de los residuos solidos (volqueta) _____	59
figura no. 5-8: transporte de los residuos solidos (volqueta) _____	60
figura no. 5-9: transporte de residuos solidos _____	60
figura no. 5-10: transporte de los residuos solidos (volqueta) _____	61
figura no. 5-11: mapa del estado de las vías de puente nacional _____	62
figura no. 6-1: recoleccion de los residuos solidos en el municipio de puente nacional _____	68
figura no. 6-2; recoleccion de los residuos solidos en el municipio de puente nacional _____	69
figura no. 6-3: cuarteo _____	70
figura no. 6-4: cuarteo _____	70
figura no. 6-5: residuos solidos del municipio de puente nacional _____	71
figura no. 6-6: residuos solidos del municipio de puente nacional _____	71
figura no. 6-7: residuos solidos del municipio de puente nacional _____	72
figura no. 6-8: representacion del cuarte _____	72
figura no. 6-9: residuos solidos del municipio de puente nacional _____	73
figura no. 6-10: balanza y peso de los residuos solidos del municipio de puente nacional _____	73
figura no. 8-1: zanja y celda diaria _____	106
figura no. 8-2: perfil transversal de la zanja de lixiviados _____	110
figura no. 8-3: planta de laguna de lixiviados _____	116
figura no. 8-4: corte transversal canal de aguas lluvias _____	119
figura no. 8-5: perfil chimenea _____	120
figura no. 8-6: detalle perfil transversal chimenea _____	121
figura no. 9-1 bodega de reciclaje _____	132
figura no. 9-2 ilustracion ciclo de los residuos solidos _____	138

LISTA DE TABLAS

<i>tablas no. 1: la poblacion total del municipio</i>	38
<i>tablas no. 2: variacion poblacional para el periodo de analisis</i>	39
<i>tablas no. 3: almacenamiento y presentacion de los residuos solidos en puente nacional</i>	50
<i>tablas no. 4: ruta semanal</i>	55
<i>tablas no. 5: tiempo promedio de recoleccion</i>	56
<i>tablas no. 6: tiempo promedio improductivo de viaje</i>	57
<i>tablas no. 7: numero de operarios</i>	63
<i>tablas no. 8: costo total de los operarios</i>	63
<i>tablas no. 9: clasificación generadores - estratificación municipal</i>	67
<i>tablas no. 10: recolección de residuos vehículo recolector en la semana</i>	68
<i>tablas no. 11: resultados cuarteo</i>	82
<i>tablas no. 12: composicion fisica de los residuos de puente nacional</i>	84
<i>tablas no. 13: número de rutas semanal</i>	89
<i>tablas no. 14: micro ruteo</i>	90
<i>tablas no. 15: tiempo en ciclos</i>	90
<i>tablas no. 16: micro ruta propuesta</i>	91
<i>tablas no. 17: produccion total de los residuos solidos</i>	93
<i>tablas no. 18: produccion total de residuos solidos</i>	101
<i>tablas no. 19: personal requerido para la disposición de residuos</i>	108
<i>tablas no. 20: proyeccion del caudal del lixiviado</i>	112
<i>tablas no. 21: presupuesto total del relleno sanitario (operación 20 años)</i>	124
<i>tablas no. 22: presupuesto inicial de construcción para 1 año de funcionamiento</i>	126
<i>tablas no. 23: gastos de operación mensual</i>	127
<i>tablas no. 24: composicion fisica de los residuos puente nacional</i>	130
<i>tablas no. 25: cantidad de residuos sólidos producidos (kg /semana)</i>	130
<i>tablas no. 26: precios del material reciclable en bodegas de la región</i>	133
<i>tablas no. 27: estimación de ingresos mensuales por comercialización de materiales reciclables.</i>	133
<i>tablas no. 28: etapa 1. estudios, construcción y adquisición de maquinaria</i>	135
<i>tablas no. 29: etapa 2. operación mensual</i>	136
<i>tablas no. 30: gastos de operación</i>	141
<i>tablas no. 31: costo anual (2014) por disposición final de residuos sólidos.</i>	142
<i>tablas no. 32: indicadores</i>	145
<i>tablas no. 33: evaluacion de alternativas</i>	147

Introducción

El manejo de los residuos sólidos es de gran importancia en la actualidad, ya que anteriormente era un tema de poco interés, diariamente se consume una gran cantidad de productos de corta duración y el volumen de residuos sólidos va aumentando, lo cual repercute de forma negativa en los recursos naturales, ecosistemas, el medio ambiente y por obvias razones en los recursos no renovables tales como son el aire o el agua. De ahí la necesidad de que los municipios de Colombia desarrollen estrategias para el destino final de los residuos sólidos, con alta eficiencia y un costo adecuado a los beneficios que ofrece.

El municipio de Puente Nacional como la gran mayoría de los municipios en Colombia no cuentan con un plan adecuado para el tratamiento de los residuos sólidos, por lo cual este tiene la necesidad de buscar opciones con municipios alternos para dar solución al problema ambiental; esto me genera altos costos de transporte porque el recorrido es de 82.9 km hasta el relleno sanitario de Tunja (Boyacá).

El municipio de Puente Nacional anteriormente contaba con un relleno sanitario que por mal uso y deterioro fue sellado por las CAS, por tal motivo el municipio busca el aprovechamiento de este terreno para el destino final de sus residuos sólidos. Es por esto, que con la presente propuesta de proyecto de grado se busca evaluar el método más adecuado para el destino final de los residuos sólidos, determinar si el relleno sanitario es o no la alternativa más adecuada y posteriormente actualizar el plan de gestión para el destino final de los residuos sólidos del municipio de Puente Nacional, teniendo en cuenta que al hacer uso de una planificación se puede lograr un aprovechamiento de los residuos en general.

Este proyecto se realizará a partir de un balance entre costo, eficiencia y economía, para poder ajustar la prestación del servicio a las necesidades de la comunidad. Dicha implementación

se llevará a cabo con esta propuesta para que el residuo tenga una variable económica en su destino final.

Finalmente para brindar una mayor validez de esta propuesta se llevara a cabo un estudio teórico de la zona, visitas al municipio, y por último el estudio de viabilidad de un relleno sanitario y planta de procesos de residuo sólido para el municipio.

1. Descripción del problema

1.1. Planteamiento del problema

A raíz de la falta de control y educación ambiental en Colombia, una gran parte de los municipios no cuentan con un relleno sanitario. Tal es el caso del municipio de Puente Nacional en donde actualmente se cuenta solamente con una planta de compostaje ubicada a 3 km del municipio, como mecanismo para disponer y aprovechar los residuos sólidos orgánicos producidos en el municipio y alternamente se hace la disposición de los residuos inertes mediante un relleno sanitario llamado “Piragua” ubicado a 82.9 km del municipio en Tunja (Boyacá).

Este sistema actualmente funciona de la siguiente manera:

Los días miércoles y jueves 4 camiones recolectan en general los residuos inertes y reciclables al 21 % de la población correspondiente al casco urbano, y estos son llevados al relleno sanitario Piragua que queda a una distancia de 82.9 km.

Posteriormente el día sábado se labora únicamente para la recolección de los productores mayores del municipio: los colegios y escuelas, y la vía Puente Nacional hasta el límite con el municipio de Barbosa. Por tal razón, el sistema actual - no cubre - al 100% de la población del municipio de Puente Nacional, prestando el servicio únicamente al casco urbano, el cual corresponde solo al 21% de la población. La población rural correspondiente al 79% de la población total del municipio se encarga mediante sus propios medios de la disposición de los residuos sólidos.

A esto se le debe agregar el incremento en los costos operacionales por el transporte hasta el relleno sanitario en Tunja, por lo cual se pretende proyectar alternativas para dar solución a la problemática ambiental en la que se envuelve Puente Nacional por el inadecuado manejo de sus residuos sólidos.

1.2. Formulación del problema

¿Qué alternativa es viable desde el punto de vista técnico, ambiental, operativo, administrativo y financiero para el relleno sanitario y planta de proceso de residuos sólidos del municipio de Puente Nacional?

1.3. Delimitación

El presente proyecto tiene como finalidad el estudio de viabilidad de la disposición final de los residuos sólidos inorgánicos del municipio de Puente Nacional, en el cual se desarrollaran actividades encaminadas a la selección de metodologías para disponer y disminuir los residuos sólidos, dejando como responsable de ejecución del plan al municipio.

1.4. Justificación

En el municipio de Puente Nacional no existe un sitio con unas características técnicas adecuadas para la disposición final de los residuos sólidos inorgánicos, por tal razón esta propuesta está enfocada a evaluar la viabilidad de un relleno sanitario y planta de proceso de residuos sólidos.

Se entiende como gestión eficiente de los residuos sólidos, aquella planeación en la que el municipio proyecta una serie de actividades que ayudarán a la identificación de necesidades, y el análisis de las alternativas para la solución, pues los residuos sólidos ocupan un lugar principal en la gestión ambiental, dado que se encuentran dentro de la problemática actual nacional.

Vale la pena resaltar, que con los resultados de la evaluación del sistema de servicio de aseo actual se hace una comparación con los resultados obtenidos de la investigación y se entregaran unas conclusiones finales.

Actualmente el municipio cuenta con un terreno de nueve hectáreas, en donde se ubica la planta de compostaje, distante aproximadamente a cinco kilómetros del casco urbano del

municipio, en donde se disponen y se tratan los residuos sólidos orgánicos del municipio de Puente Nacional, en una cuantía total promedio de 12 toneladas por semana.

La instalación de la planta de compostaje cuenta con un área de separación final, donde se reciben los residuos orgánicos como material vegetal, residuos de alimentos, cáscaras de vegetales o tubérculos, alimentos descompuestos y en general los recolectados del día. Estos son tratados mediante el compostaje para la producción de abono orgánico.

El proceso realizado en la planta de compostaje consta de actividades tales como: tolva de alimentación, banda transportadora de residuos orgánicos en la que se hace la última separación y clasificación, separación posible, trituración, conformación de pilas con mezcla anterior de un caldo microbiano para acelerar la descomposición, maduración y conformación del producto final en abono orgánico.

El área de influencia directa del plan de gestión integral de residuos sólidos es el municipio de Puente Nacional, pero como beneficiarios directos del plan se encuentran los municipios circunvecinos, puesto que Chipatá dispone 300 kilos semanales de sus residuos orgánicos en la planta de compostaje del municipio de Puente Nacional.

Anteriormente los residuos inorgánicos o basura muerta se disponía en el relleno sanitario EMPSACOL ubicado en San Gil (Santander), este relleno sanitario colapso el año pasado por lo tanto la alternativa que seleccionaron es la del relleno sanitario PIRIGUA ubicado en la ciudad de Tunja (Boyacá).

Este proyecto buscará la ubicación y adecuación de un terreno que cumpla con las características técnicas exigidas por la CAS para esta importante actividad.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Evaluar la viabilidad del relleno sanitario y planta de proceso de residuos sólidos en el municipio de Puente Nacional.

2.2. Objetivos específicos

Analizar la forma en que se está realizando la disposición de residuos sólidos en el municipio.

Realizar la caracterización de los residuos sólidos y la valorización del residuo predominante en el municipio de Puente Nacional.

Establecer la metodología más conveniente para la disposición final de residuos sólidos.

Actualizar el plan de gestión de residuos sólidos en el municipio de Puente Nacional.

3. Marco referencial

3.1. Antecedentes teóricos

El municipio de Puente Nacional, departamento de Santander, se han realizado algunos estudios para establecer el diseño adecuado de un plan de gestión de residuos sólidos, pero no se ha ejecutado debido a cambios de gobierno.

Actualización e implementación PGIRS (plan gestión integral de residuos sólidos), del municipio de Puente Nacional en el año 2012.

3.2. Marco teórico

3.2.1 La disposición final de residuos

Desde la expedición de la Resolución 1390 del 2005 a la fecha, el país ha presentado una significativa evolución en materia de disposición final de residuos sólidos. Durante los últimos años los municipios del territorio nacional han adoptado una forma adecuada de manejar y disponer sus residuos sólidos, además de un crecimiento en el nivel de implementación de tecnologías apropiadas para el manejo y la disposición de residuos en el país. (Guerrero 2010)

Por su parte las Resoluciones 1684 de 2008 y 1822 de 2009 expedidas por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT-, han ampliado los plazos a los municipios y prestadores del servicio de aseo que realizan la actividad de disposición final, para trasladar su operación inadecuada a una adecuada. Por lo tanto, se puede observar que desde el año 2007, en Colombia ha aumentado la presencia de plantas integrales y celdas transitorias de disposición final de residuos que hoy en día evidencian una mejora en la actividad. (Guerrero 2010)

3.2.2 El Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL)

Es uno de los mecanismos del Protocolo de Kyoto cuyos propósitos son: i) asistir a los países en desarrollo para que logren un desarrollo sostenible; y ii) asistir a los países industrializados, firmantes del PK, para lograr el cumplimiento de sus compromisos de limitación y reducción de emisiones.

Los mecanismos de desarrollo limpio promueven un desarrollo sostenible mediante:

La transferencia de tecnología y recursos financieros a los países en vías de desarrollo.

La utilización de tecnologías más limpias e innovadoras.

El incremento en la eficiencia energética y producción de energía sostenible.

La reducción de la contaminación ambiental.

La reducción de la dependencia de combustibles fósiles, que alivia la carga presupuestaria en la importación de los mismos.

La contribución económica al país mediante el pago de impuestos.

El desarrollo de capacidades humanas y tecnológicas en los sectores público y privado.

La contribución al desarrollo rural mediante el acceso a fuentes de energía en zonas rurales, centros de educación y salud. (Mecanismo de Desarrollo Limpio: Conceptos básicos.)

De esta forma, el MDL permite a los países desarrollados acreditar las reducciones de GEI (Gas Efecto Invernadero) a través de proyectos realizados en países en desarrollo como si fueran generados en su mismo territorio. Para ello, los países reciben créditos por estas reducciones como Certificados de Reducción de Emisiones (CER). La principal diferencia de este sistema frente al de Implementación Conjunta (IC) es que promueve el desarrollo sostenible en los países en desarrollo. (Guía de desarrollo limpio South Pole)

3.2.3 Residuos Sólidos

Son cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos son el resultado de elementos utilizados por la comunidad, son generados por varias fuentes y se vuelven indeseables para cierto tipo de humanos.

Los residuos sólidos se clasifican así:

- Residuos sólidos no peligrosos: son aquellos residuos que no generan daño perjudicial para la salud humana.

- Residuos aprovechables: es aquel residuo que tuvo su proceso de deterioro pero se puede incorporar de nuevo a un proceso productivo, de tal definición podemos exponer los siguientes ejemplos: papeles, archivo, cartulina, periódico etc. Con el fin que su manejo último sea de reciclaje o reutilización.
- Residuos no aprovechables: es aquel residuo que ya con su proceso de deterioro no se puede reutilizar por el uso principal que se le dio al producto. Ejemplo papel higiénico, servilletas, toallas de mano, pañales, papel encerado y metalizado, cerámicas, material de barrido, colillas de cigarrillo etc.
- Residuos orgánicos biodegradables: Son los generados por actividades humanas, en general tienen un alto contenido de materia orgánica, ejemplo: residuos de comida y material vegetal con el fin que su manejo se lleve a cabo en compostaje o lombricultivo.
- Residuos sólidos peligrosos: son aquellos residuos sólidos que generan perjuicios para la salud, debido a su composición tóxica, corrosiva, reactiva etc.
- Residuos sólidos tóxicos: Por sus características físicas y químicas y dependiendo de su concentración y tiempo de exposición pueden causar daños a los seres vivos y producen contaminación ambiental.
- Residuos sólidos explosivos: Son los residuos que generan grandes presiones en su descomposición instantánea.
- Residuos sólidos inflamables: Son aquellos que arden espontáneamente en condiciones normales.
- Residuos sólidos radiactivos: Son los que emiten radiaciones electromagnéticas en niveles superiores a los normales.
- Residuos sólidos patógenos: Son los que por sus características y composición pueden ser transmisores de infecciones.

- Residuos sólidos especiales: son aquellos residuos sólidos que su manejo es exclusivo de recolección. Tales como lodos, muebles, colchones. Etc.

3.2.4 Disposición de residuos sólidos

Las etapas que componen la disposición de residuos sólidos son:

- Recolección y transporte de residuos sólidos: es el proceso el cual se recoge los residuos sólidos en la vía pública y la transporta al destino donde se dispone a su respectivo tratamiento.
- Tratamiento de residuos sólidos: es una operación encaminada a excluir el residuo sólido o el aprovechamiento de los elementos de estos materiales.

Se aplica especialmente en los siguientes procesos:

- Procesos biológicos: existen dos procesos, procesos aeróbicos y proceso anaeróbicos
- Procesos aeróbicos: este proceso actúa de la siguiente manera en fase líquida (ventilación) y en fase sólida (transformación en compost)
- Proceso anaeróbicos: este proceso consiste en la fermentación.
- Procesos químicos: precipitación, floculación, neutralización, oxidación, reducción, etc.
- Procesos físicos: clasificación; decantación, deshidratación, secado; ósmosis de inversión, ultra filtrado, des emulsión, etc.
- Almacenamiento provisional de residuos sólidos: el almacenamiento de los residuos sólidos pueden tener importancia cuando estos, no se pueden utilizar inmediatamente para un aprovechamiento por razones técnicas y es necesario recopilar por un tiempo.
- Deposición de residuos sólidos: es el método de eliminación en vertederos, esto

representa indudablemente el final de la disposición de dichos residuos.

- Vertedero: es también llamado un relleno sanitario, el cual se desarrolla para contrarrestar los botaderos a cielo abierto.
- Aprovechamiento de residuos sólidos: comprende los procesos para la recuperación o utilización de los residuos. Entre los más importantes se encuentran:
 - Reciclaje material
 - Ventilación en fase líquida
 - Incineración
 - Utilización agrícola

3.2.5 Alternativas para el tratamiento y valoración

3.2.5.1. Relleno sanitario

A través de los principios de ingeniería el relleno sanitario fue diseñado para la etapa final del residuo sólido, sin afectar la salud, ni el medio ambiente. Consiste en que los residuos sólidos son depositados para luego cubrirlos con capas de tierra diariamente y compactarlos para disminuir su volumen.

3.2.5.2. Incineración

Sistema de tratamiento de la basura proveniente de los desechos sólidos, el cual consiste en incinerar a altas temperaturas los desechos sólidos, con lo que se reduce su volumen y su peso.

3.2.5.3. Trituración

Es un proceso por medio del cual se reduce el volumen de los residuos para disminuir el costo del transporte, con el propósito de alcanzar una mayor eficiencia en la compactación de los residuos sólidos para ampliar la vida útil de los sitios de disposición final.

3.2.5.4. Compactación

Sistema mediante el cual se reduce el volumen de los residuos sólidos para utilizarlo en los sistemas de recolección y transferencia, con el objeto de bajar los costos en el transporte y ampliar la vida útil de los sitios de disposición final.

3.2.5.5. Transformación por procesos químicos

Sistema basado en la transformación de los residuos sólidos mediante procesos tales como hidrólisis, oxidación, vitrificación y polimerización.

3.2.5.6. Reciclaje

Como un aspecto práctico, los componentes más susceptibles de recuperación son aquellos para los cuales existen mercados y están presentes en los residuos sólidos municipales en cantidades que justifican su separación.

3.2.6 Control y tratamiento de la generación de lixiviados

3.2.6.1. Lixiviados

Líquido producido cuando el agua atraviesa desechos sólidos y productos en descomposición. Se asocia básicamente en sitios como rellenos sanitarios, por lo tanto se necesita un buen manejo del desagüe para que no se presenten complicaciones con el medio ambiente o de salud.

3.2.6.2. Tratamiento de los lixiviados

“La calidad de los lixiviados en un relleno sanitario varía grandemente en el tiempo, al igual que con el tipo de relleno sanitario que se tenga. En particular vale la pena mencionar

las diferencias que se tienen en las calidades de los lixiviados entre aquellos de los países desarrollados con los de los países en vía de desarrollo. De manera resumida se puede decir que los lixiviados de los rellenos sanitarios de los países en desarrollo presentan concentraciones muchos mayores de DBO, amoníaco, metales y sustancias precipitables que aquellos de países desarrollados. Esto tiene importantes implicaciones para la operatividad y el rendimiento de los procesos de tratamiento, y debe tenerse cautela cuando se busque hacer la adaptación de las tecnologías a los casos locales”

- Evaporación
- Dilución
- Recirculación
- Tratamiento químico
- Tratamiento físico.

3.3. Marco conceptual

- **CONTAMINACIÓN:** Es la alteración nociva de un medio, a causa de un agente ajeno al mismo, lo que causa inestabilidad, desorden y daño en un ecosistema.
 - **LIXIVIADOS:** Es un líquido residual el cual se genera por la descomposición bioquímica de los residuos o como resultado de la filtración de agua a través de los residuos en proceso de degradación, este líquido tiende a salir por gravedad, por la parte inferior del relleno sanitario, hasta que una capa impermeable lo impida.
 - **RESIDUOS SOLIDOS:** Se define residuo a cualquier objeto o sustancia, que provenga de una actividad productiva o de consumo, del cual se pueda generar algún tipo de aprovechamiento, de lo contrario sería llamado rechazo¹. De esta manera el concepto de residuo sólido comprende los desechos heterogéneos generados por la comunidad
-

urbana, hasta los más homogéneos producidos por los sectores agrícola, industrial y mineral.

- **RELLENO SANITARIO:** Un relleno sanitario es una técnica para la disposición de la basura en el suelo, sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias o peligro para la salud y seguridad pública, utilizando principios de ingeniería para confinar la basura en la menor área posible, reduciendo su volumen hasta la mínima cantidad posible, para luego cubrir las basuras así depositadas diariamente con una capa de tierra al final de la jornada o tan a menudo como sea necesario.
- **RECICLAJE:** Utilización de algunos residuos que se han generado por un proceso de producción o de consumo, se considera como una segunda opción aunque es la mejor a corto plazo.
- **RESIDUO:** Se define residuo a cualquier objeto o sustancia, que provenga de una actividad productiva o de consumo, del cual se pueda generar algún tipo de aprovechamiento.

3.4. Marco normativo

- Ley 1252 de 2008: Normas prohibitivas en materia de Residuos Peligrosos.
- Ley 1259 de 2008. Reglamenta el Comparendo Ambiental.
- Decreto 2676 de 2000. Reglamenta la gestión integral de residuos hospitalarios y similares.
- Decreto 1713 de 2002. Reglamenta la Prestación del servicio de aseo público y establece la obligatoriedad de implementar el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipal.
- Decreto 1609 de 2002. Reglamenta el transporte de mercancías peligrosas.
- Decreto 838 de 2005. Reglamenta la disposición final de residuos.
- Decreto 4741 de 2005. Reglamenta parcialmente la prevención y manejo de residuos peligrosos.
- Decreto 3695 de 2009. Reglamenta la ley 1259 sobre comparendo ambiental.

- Decreto 2028 de 2010. Licencias ambientales
- Acuerdo 020 de 2009, Concejo Municipal De Envigado, Comparendo Ambiental.
- Resolución 754 del 2014. Metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los planes de gestión integral de residuos sólidos.
- Resolución 1390 del 2005. Establecen directrices y pautas para el cierre, clausura y restauración o transformación técnica a rellenos sanitarios de los sitios de disposición final.
- Resolución 1684 de 2008. Se modifica parcialmente la Resolución 1390 de 2005.
- Resolución 1045 del 2003. Metodología para la elaboración de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS.
- CONPES 3530 del 2008. Consejo nacional de política, económica y social. República de Colombia, departamento nacional de planeación. Lineamientos y estrategias para fortalecer el servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos
- Decreto 2981 del 2013. Reglamenta la prestación del servicio público de aseo.

4. Características generales del municipio

Se presenta el diagnóstico del municipio de Puente Nacional, Santander, enfocado en los aspectos más relevantes para la definición de la situación actual del municipio en cuanto al servicio de aseo.

4.1. Aspectos Generales

4.1.1 Localización.

El municipio se halla ubicado al sur del departamento de Santander a una distancia de 219 kilómetros de Bucaramanga y 157 kilómetros de Bogotá, hace parte de la provincia de Vélez cuya capital es el municipio de Vélez, limita políticamente con los siguientes municipios: por el norte con Guavatá y Barbosa; por el oriente con Moniquirá y Santa Sofía que pertenecen al municipio de Boyacá; por el sur con Saboya; y por el occidente con Albania y Jesús María. La cabecera municipal está situada a 1625 metros sobre el nivel del mar, tiene una temperatura media de 19°C e hidrográficamente el municipio se localiza sobre la cuenca del Río Suárez. El municipio tiene una extensión territorial de 248.39 kilómetros cuadrados. (Ver figura 2)

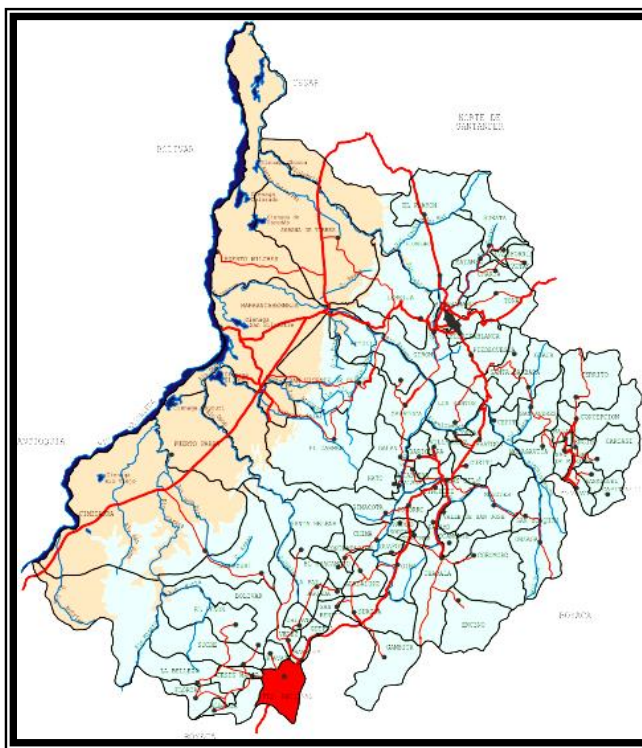
4.1.2 Clima.

Por las condiciones topográficas y localización sobre la cordillera oriental, presenta diferentes climas, distribuidos de la siguiente manera: el 39% clima templado, el 52% clima frío y el 9% páramo. La precipitación media anual es de 2000mm, la humedad relativa varía entre 73% y 90% caracterizando el municipio como húmedo y muy húmedo; La evapotranspiración media anual es de 1.051 mm.; el promedio de brillo solar es de 1.824 horas anuales, con una cantidad máxima de radiación diaria de 7,2 horas y una mínima de 3,7 horas.

4.1.3 Geología y geomorfología del municipio

La estratigrafía del Municipio de Puente Nacional está definida por las unidades Paja, Tablazo, Simití, Areniscas de Chiquinquirá y depósitos del cuaternario. La cabecera Municipal está enmarcada dentro del sinclinal de Chiquinquirá - San José de Pare con una

dirección NE-SW, el cual es paralelo al curso del río Suárez, este a su vez está controlado tectónicamente por un lineamiento de connotación regional.



FUGURA No. 4-1: LOCALIZACION GEOGRAFICA PUENTE NACIONAL

Fuente: el autor



FUGURA No. 4-2: PANORÁMICA DE PUENTE NACIONAL

Fuente: El autor



FIGURA No. 4-3: CABECERA MUNICIPAL DE PUENTE NACIONAL

Fuente: El autor

La falla de Peña Blanca de tipo transcurrencia dextral se expresa con relegamiento de rocas en la cuchilla de Peña Blanca, al margen derecho del río Suárez, sin llegar a afectar directamente la Cabecera Municipal.

La Litología de la cabecera municipal se desarrolla sobre la formación Simití (Kis- San Gil Superior), esta unidad consiste en lutitas negras con delgadas interrelacionadas de calizas arenosas y areniscas arcillosas, de grano fino, gris amarillentas, estratificadas en bancos hasta de 0.5 m de espesor, con nódulos calcáreos ferroginosos. El origen de sus suelos es cuaternario coluvial agregado en el 80% de su cabecera municipal, una pequeña área de origen cuaternario aluvial cerca al Río Suárez.

La geomorfología del Municipio está definida por dos procesos de modelamiento claros: la formación de sinclinales y anticlinales estructurales compresivos y la denudación y erosión

que forman el paisaje de colinas, valles suaves inclinados y colinas abruptas y suaves, además de factores hídricos de formación con movimientos y depósitos de origen aluvial, propios de movimientos de remoción en masa, todos estos procesos han hecho parte de la génesis del suelo sobre el cual se localiza la cabecera municipal.

La morfometría indica una pendiente media (16° y 30°), la Morfología es denudacional, denudacional-estructural. Las unidades de paisaje definidas en el Municipio Colinas Suaves de Piedemonte y Colinado Suave.

La gran mayoría de los procesos observados e identificados corresponden a movimientos translacionales y en otros rotacionales en estado activo e inactivo.

4.1.4 Usos Del Suelo

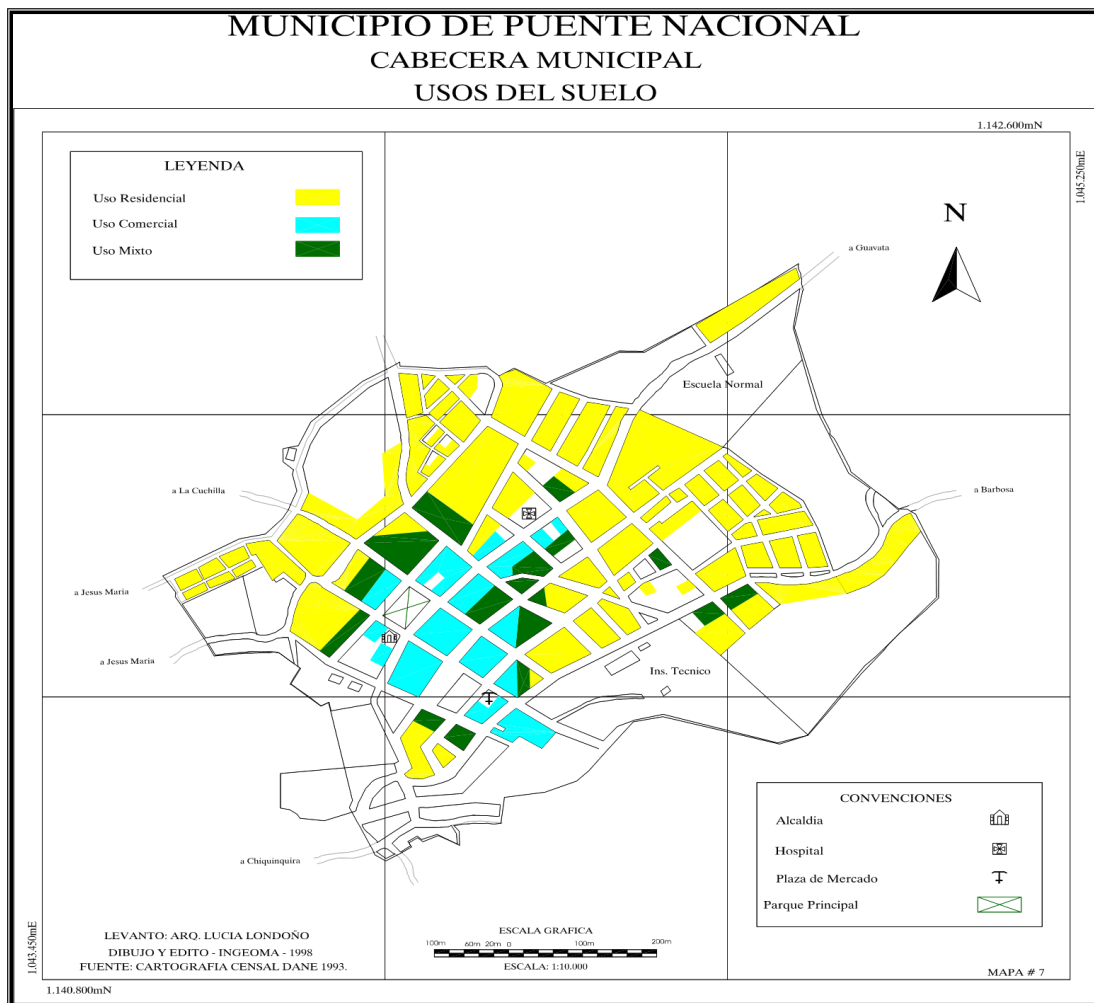
4.1.4.1. Suelo urbano.

En concordancia con el artículo 31 de la ley 388/97, la definición de suelo urbano estará dada por el perímetro urbano el cual en ningún caso podrá ser mayor al denominado perímetro de servicios públicos o sanitarios.

Continuando con este criterio se tiene que la ubicación del tanque del acueducto que distribuye el agua potable se localiza sobre la cota 1615 al costado norte del anillo vial, definiendo una primera limitante del perímetro del suelo urbano en este sector hasta interceptar la carrera 8ª y continuando hacia al norte en una franja aproximadamente paralela a la carrera 6° (vía Guavatá).

Por el costado sur se tiene el río Suárez, que se convierte en barrera natural del suelo urbano. Aunque hacia este costado del río se encuentra el barrio Boca Puente, pero este no cuenta con alcantarillado, lo cual se contempla en el Plan Maestro de Alcantarillado que tiene diseñado el Municipio, por lo tanto este barrio se contempla dentro del suelo de expansión

urbana para ser incorporado al casco urbano una vez ejecutado el Plan Maestro de Alcantarillado.



FUGURA No. 4-4: MAPA USOS DEL SUELO URBANO MUNICIPAL DE PUENTE NACIONAL

Fuente: EOT

El límite oriental del suelo urbano estará definido por la quebrada La Chorrera. El límite occidental estará definido por la quebrada Las Flores incluyéndose el barrio Los Nogales,

y bajando hasta interceptar el cauce de la quebrada Las Flores. Estas dos quebradas se convierten en límites naturales y que se han establecido, puesto que al interior de esta área circunscrita se encuentran considerables globos de terreno por desarrollar. Que teniendo en cuenta el índice de crecimiento de la población y la infraestructura de servicios públicos y vías existentes debe considerarse como suelo urbano.

Así el perímetro urbano del Municipio quedará delimitado y circunscribiendo un área aproximada de 93 has, así:

Por el Norte siguiendo el anillo vial (cota máxima 1615) y en franja semiparalela a la Cra. 6ª (vía Guavatá), Por el Oriente hasta la quebrada la Chorrera, Por el Occidente hasta la Quebrada las Flores incluyendo el barrio Los Nogales, Por el Sur hasta el río Suárez.

La reducción del perímetro urbano, de acuerdo a los criterios establecidos, está basada en la ley 388/97 y el sistema ambiental nacional, puesto que esta clasificación debe contar con infraestructura vial y redes primarias de energía, acueducto y alcantarillado, posibilitándose su urbanización y edificación, según sea el caso, y que para el caso del Municipio, los suelos que se proponen pasar de nuevo a uso rural no están dotados de esta infraestructura.

También se busca ampliar las áreas de producción agrícola más aptas que existen en el municipio, que coinciden en gran parte con el suelo considerado anteriormente urbano mediante el acuerdo 03 del 22 de agosto de 1993. Se debe controlar el crecimiento del sector urbano de expansiones atomizadas sin oferta de servicios, ni oferta ambiental suficiente y sostenible, al igual que proteger las zonas de interés ecológico del sector norte el río Suárez y sus afluentes de vertimientos no tratados.

Los predios que anteriormente han sido considerados como urbanos y que pasan ahora a ser rurales (por concepto de la ley 388/97) tendrán un impacto económico en la reducción del impuesto predial al pasar de tratamiento urbano a rural.

Los predios afectados por este hecho urbanístico, no se ven perjudicados puesto que en el momento no gozan de redes de servicios ni de ninguna otra adecuación urbana, y que a partir de la ley 388/97 todo desarrollo urbano que genere cargas y beneficios será repartido entre los

usuarios y propietarios de los predios lo que se considerará dentro de los estudios a realizar en los Planes Parciales.

4.1.4.2. Áreas de expansión urbana.

Los suelos de expansión están contemplados en cuatro áreas, que son:

1. Una Primera es hacia el costado oriental que se encajona entre las quebradas la Chorrera y La Diana; y las vías a Guavatá y Barbosa. Esta tiene un área de 19.5 has. Este sector está considerado como urbano por el acuerdo 03 del 22 de agosto de 1993 y los predios que se afectan son los inmersos en la manzana 081 con los predios Nos. 001 al 009. Se destinará un 25 % del total de esta área para el desarrollo de programas de Vivienda de Interés Social.

2. La segunda área está definida por el barrio Boca Puente que es uno de los más antiguos y tradicionales del Municipio. Actualmente tiene servicio de acueducto pero no de alcantarillado proyecto que está incluido en el Plan Maestro de Alcantarillado tiene un área de 1.6 has. Este barrio será incorporado a suelo urbano una vez el municipio desarrolle los proyectos de alcantarillado pertenecientes al barrio.

3. La tercera área es la que define el barrio La Lajita. Área que actualmente posee alcantarillado pero no acueducto y está en estado de consolidación barrial. Tiene un área de 0.62 has. Este barrio será incorporado a suelo urbano una vez el Municipio ensanche las redes del acueducto hacia este sector.

4. La cuarta área está compuesta por el predio denominado ASOPROVIV con un área de 1 hectárea, y el predio de propiedad del señor Edgar Murillo con un área de 1.5 hectáreas, para un área total de 2.5 hectáreas, ubicados al norte de la diagonal octava y al oriente de la vía a Irobá. Esta zona será incorporada a suelo urbano, una vez los constructores desarrollen los proyectos de servicios públicos.

4.1.4.3. Suelo Rural.

Esta categoría corresponde al resto del territorio Municipal que no afecte el perímetro urbano ni el área de expansión urbana, e incluye todos los elementos físicos, bióticos y

socio – económicos dando un uso al suelo agrícola, suburbano, de servicios sociales y de infraestructura y de conservación y de protección ambiental que garanticen su equilibrio y sostenibilidad.

4.1.4.4. Suelo suburbano.

Este suelo está definido en tres sectores así:

1. Un primer sector se localiza dentro del suelo rural y demarcado por la influencia a lado y lado de la autopista Bogotá – Barbosa, desarrollando una franja en una longitud de 6.2 Km. y de ancho 400 mts. Aproximadamente, cubriendo un área de 464.34 has.

2. Un segundo sector se contempla sobre el eje de la vía que conduce al Complejo Turístico Agua Blanca y encerrando el área que definía el antiguo perímetro urbano al costado sur del río Suárez con una extensión de 16 has.

3. Un tercer sector que contempla el área del Complejo Turístico Agua Blanca, con una extensión de 6.7 has.

4.1.4.5. Suelo de protección.

El Municipio de Puente Nacional ha adoptado las áreas de protección ambiental definida en los determinantes ambientales emanados para la formulación de los diversos Planes de Ordenamiento Territorial expedidos por el Ministerio del Medio Ambiente y la Corporación Autónoma Regional de Santander, los cuales son apropiados a las condiciones del Municipio.

La protección y conservación de las siguientes áreas serán establecidas como proyectos para ser presentados ante la CAS, a fin de recibir los recursos del certificado de incentivo forestal CIF, otorgados por el Fondo de Financiamiento del Sector Agropecuario FINAGRO, los cuales tiene un monto del 75% para especies nativas plantadas y un 50% para el sostenimiento por cinco años.

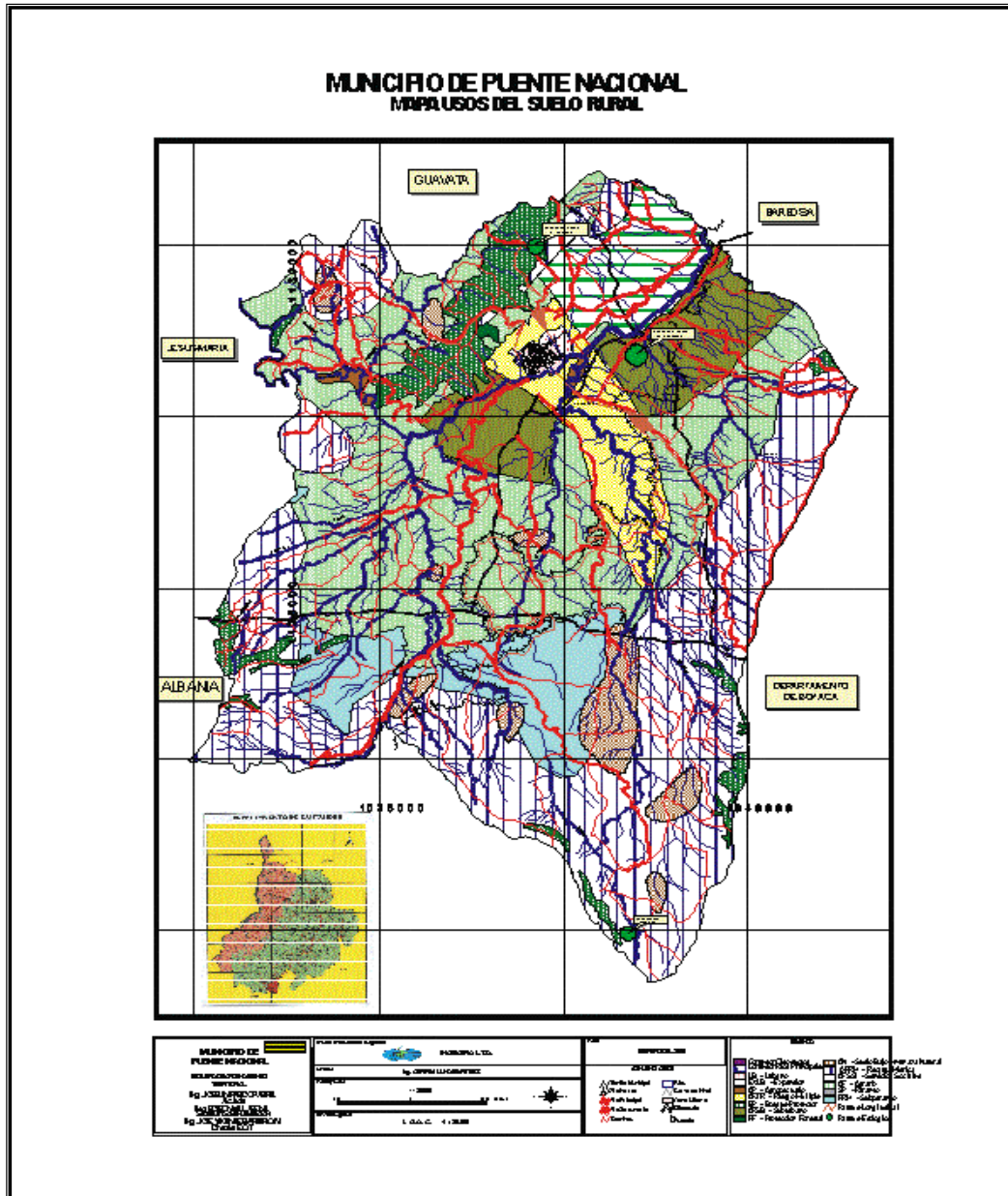


FIGURA No. 4-5: MAPA DE USOS DE SUELO RURAL DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL

Fuente: EOT

- Áreas de páramo y bosque alto andino (subpáramo)
- Áreas periféricas a nacimientos y rondas de cauce.
- Áreas para la protección de la fauna
- Áreas de amenaza por fenómenos naturales.
- Áreas para uso turístico y restauración de las estaciones férreas como patrimonio histórico y cultural.

4.1.5 Áreas definidas para el servicio de aseo.

El municipio también cuenta con una planta de compostaje que están ubicadas en la parte alta del lote. quedan disponibles para un “Ecompostaje en el predio "El Recuerdo" de la vereda Semisa, ubicada a cinco kilómetros al nororiente del casco urbano de Puente Nacional, con una extensión aproximada de nueve hectáreas distribuidas así: para la planta se emplearon dos de ellaoparque” que proyecta la Administración Municipal. Allí son llevados los residuos orgánicos, estos se depositan en la tolva de recepción y se inicia el proceso de tratamiento, el abono resultante se empaca, se comercializa en la región y otra parte se utiliza para conservación del suelo y especies arbóreas del eco parque.

4.1.6 Geografía regional y conectividad con otros municipios.

Se encuentra limitada por dos barreras naturales, como son la falla del Suárez al oriente y la falla de salinas al occidente, identificándose dentro de esta subregión dos áreas de paisajes representadas en la geomorfología y sus sistemas de producción.

La primera circunscrita a la hoya del río Suárez con producción de caña panelera y pequeños relictos de café. La segunda ubicada hacia los límites con el departamento de Boyacá, se caracteriza por la explotación de cultivos transitorios, pastos no manejados y cultivos naturales de guayaba, que se mezclan con bosques de colina altamente intervenidos.

El cultivo de la caña se ha sostenido durante más de 500 años, hecho que conduce al deterioro de las cuencas y micro cuencas de la región, evidenciándose en la escasez de agua que presentan los Municipios y en la misma estructura de paisaje intervenido.

Las micro cuencas aportantes del río Suárez, se encuentran contaminadas, por el uso de agroquímicos, los desechos de la producción agroindustrial (Caña, Guayaba) y por la imposibilidad de un tratamiento adecuado de los residuos líquidos y sólidos de los Municipios de Vélez, Barbosa, Puente Nacional, Guepsa, Chipatá, Guavatá, y en general por todos los municipios que son ribereños.

El minifundio, la agroindustria del bocadillo y la ausencia de fuentes energéticas alternativas, han marcado la constante tala del bosque Andino y son la causa del deterioro de los frágiles ecosistemas endémicos.

4.1.7 Sistema Vial.

El Municipio de Puente Nacional se encuentra circunscrito dentro del Sistema Vial Nacional, Departamental y Municipal, cuyas vías deben ser mantenidas con recursos propios de cada sistema, sin embargo y de manera especial, las carreteras Departamentales Puente Nacional – Jesús María y Puente Nacional Guavatá ante la ausencia del Departamento son mantenidas con recursos municipales.

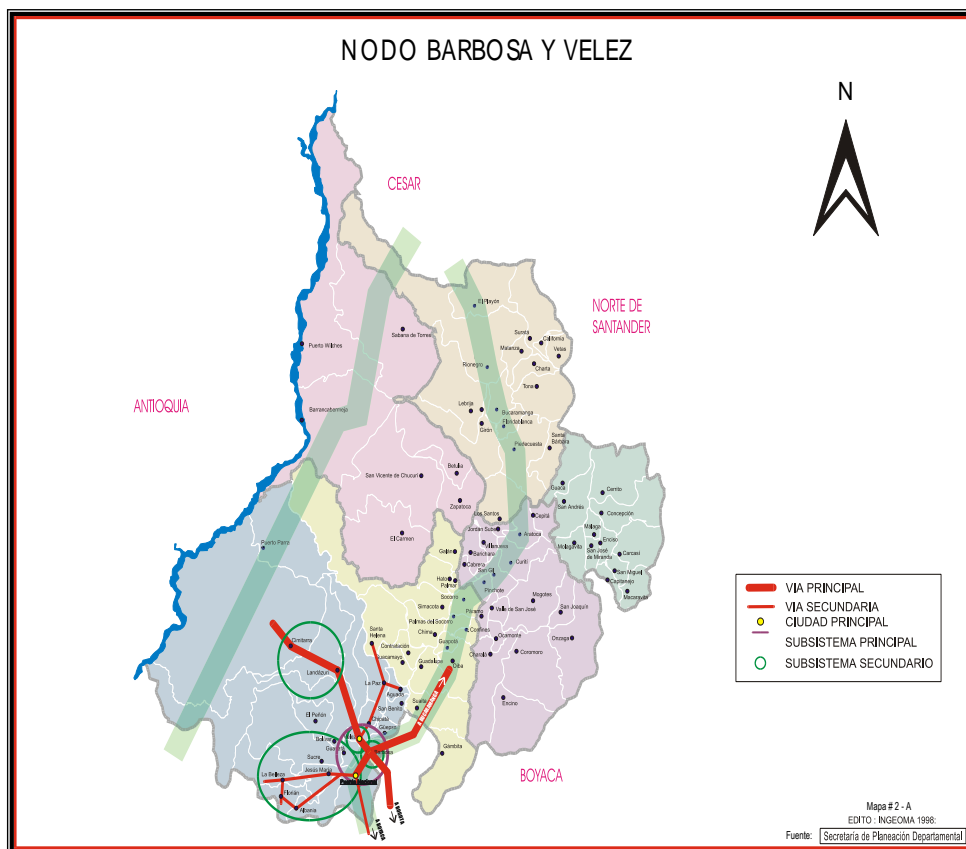
El servicio de transporte intermunicipal es servido por las empresas Flota Reina, Gaviota, Trassander, Boyacá, Autoboy, Ricaurte y Copetran que solo presta el servicio de giros, todas mantienen diferentes y diversos horarios y destinos, al igual que el tipo de vehículo, es decir, la amplia gama de oferentes redundan en beneficio de la población

4.1.7.1. Sistema Vial Regional.

Puente Nacional tiene comunicación directa con los Municipios de Chiquinquirá y Barbosa que a la vez son puntos de conexión con Bogotá y Bucaramanga. Actualmente el estado

de la vía y su señalización es regular, a pesar que el mantenimiento debería estar garantizado con recursos nacionales, y del peaje tipo “C” que existe a la altura de Saboyá dentro del tramo Chiquinquirá – Barbosa.

Los Municipios de Puente Nacional, Barbosa y Vélez conforman un punto nodal en el que convergen obligatoriamente los demás Municipios del interior de la Provincia de Vélez. Sin embargo, el área de mayor influencia por el número de vías que reparte hacia el interior de la provincia lo tiene Puente Nacional, por ser la puerta de entrada a los Municipios de: Bolívar, Sucre, Guavatá, Jesús María, La Belleza, Florián y Albania.



FUGURA No. 4-6: NODO VIAL PROVINCIA DE VELEZ CON EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

Fuente: EOT

Todas las vías que comunican a Puente Nacional con estos Municipios son responsabilidad del Departamento, encontrándose destapadas, y sus condiciones de muy regular estado, exigen un mantenimiento periódico por su topografía y por las condiciones climáticas de la zona. El servicio de transporte por este nivel de vías se presta en forma mixta, de pasajeros y de carga, y la variedad de empresas que prestan este servicio, permite que el usuario pueda seleccionar tanto horarios como vehículos.

4.1.7.2. Sistema Vial Urbano – Rural.

Es el que se presta entre la cabecera y las veredas que conforman el Municipio, la malla rural vial la constituyen 118 vías en extensión aproximada de 600 Km. que son mantenidas por el municipio, a éste punto es importante acotar que la Administración actual ha venido fortaleciendo éste sector, destacándose la ampliación del equipo de maquinaria y el montaje de una planta de agregados pétreos la cual será de gran ayuda una vez entre en normal funcionamiento. El transporte desde y hacia las veredas se realiza mediante la utilización de camperos básicamente para el transporte de pasajeros y de camperos y camionetas o camiones pequeños para el transporte de carga. La frecuencia de prestación del servicio es permanente, en la medida en que sea solicitado por el usuario.

En el caso del transporte de carga, como la frecuencia no ha sido garantía para la creación de una empresa organizada para el efecto, este servicio es prestado independientemente por transportadores Locales y de Municipios vecinos. El día de mayor movimiento es el día de mercado, en época de cosechas también la actividad presenta un incremento en la demanda del servicio; recientemente se creó una Cooperativa de Taxis para el transporte urbano e intermunicipal.

4.2. Demografía

4.2.1 Población.

Año de censo	Población
1964	2913
1973	4353
1985	4200
1993	4415
2005	5399

TABLAS No. 1: LA POBLACION TOTAL DEL MUNICIPIO

Fuente: censo DANE (1964-2005). Municipio de Puente Nacional

Se caracteriza por tener un crecimiento moderado, concentrándose la mayor parte en el área rural.

4.2.2 Densidad de población.

La densidad de población del municipio de puente Nacional se encuentra en un promedio de 54 habitantes por Km², el área municipal con mayor densidad es la vereda Popoa Sur con 95 habitantes por Km², y la que presenta menor densidad es Urumal congruente con su menor número de viviendas por Km².

Variación poblacional para el periodo de análisis (2005 al 2019). A continuación, se observan (tabla 2) los valores calculados de población al año o periodo de análisis del proyecto.

Año Proyectado	Población Proyectado
2015	6129
2016	6202

2017	6276
2018	6350
2019	6426
2020	6502
2021	6578
2022	6656
2023	6734
2024	6813
2025	6893
2026	6974
2027	7056
2028	7138
2029	7221
2030	7305
2031	7390
2032	7476
2033	7563
2034	7651
2035	7739

TABLAS No. 2: VARIACION POBLACIONAL PARA EL PERIODO DE ANALISIS

Fuente: El autor. Datos DANE 2001 proyectados al periodo de análisis (15 años).

5. Diagnostico situacional

5.1. Diagnostico socioeconómico

5.1.1 Actividades Económicas Principales.

Los aspectos económicos se refieren tanto a las formas de producción que se desarrollan en el municipio y lo caracterizan, como a las principales actividades económicas que desarrolla la población y la forma como se distribuyen, comercializan y consumen sus productos, bienes y servicios.

El 71.3% de la población del municipio vive en el área rural, la estructura económica se soporta en el campo donde se encuentran los problemas más críticos y agudos, pero sobre todo, las actividades que allí se desarrollan, en su mayoría, no generan un importante valor agregado, lo cual no permite acumulación en términos de capital para que a su vez éste sea posteriormente redistribuido por las diferentes acciones de los particulares y gubernamentales; de otra parte los llamados atractivos de las grandes ciudades inciden para aumentar la escasez de la mano de obra campesina lo cual repercute directamente en la baja productividad del agro, siendo éste quizás su mayor problema.

El mercado municipal que se caracterizaba por ser “autosuficiente” y que incluso exportaba para otros pueblos vecinos, hoy se ve inundado de vendedores y productos de otras localidades, no solo con artículos manufacturados y/o terminados como los denominados “bataneros”, sino que, y esto es lo más grave, también arriban productos agrícolas.

5.1.2 Sector primario.

En este sector se localizan la mayoría de las actividades económicas del Municipio como son: agricultura, explotación de especies mayores y menores. Su análisis nos permite establecer el grado de desarrollo de la actividad y los productos que genera.

Es bien conocida y comprobada la marcada influencia de la actividad agropecuaria en el conjunto de la economía nacional, y que es particularmente sensible para el caso de Puente Nacional. El municipio ha tenido siempre una economía agropecuaria. La contribución de este sector, se refleja en el desarrollo industrial, en la generación de empleo, en la producción de alimentos y sirve como mercado para los productos del sector industrial. No obstante esa

histórica importancia ha venido decayendo hasta llegar a unos límites de crecimiento que se pueden considerar de depresión.

Tenencia de la tierra, El municipio se caracteriza por tener un modo de propiedad minifundista conformado en su mayoría por predios menores de 10 hectáreas que constituyen el 92% del total, mientras que los predios mayores de 50 hectáreas no llegan al 1%; el 95% de los predios son explotados por sus propietarios. Este primer análisis nos permite ubicar un potencial favorable visto como una fuente de empleo directa; sin embargo el ser propietario de un predio no indica que su dueño “viva” únicamente de su explotación, se presentan casos en los cuales éste tiene que ser aparcerero e incluso ser contratado por jornal en otro predio, tal parece que es ésta la forma dominante, dada la tendencia minifundista en Puente Nacional.

- Organizaciones de recicladores, descripción de sus actividades y número de recicladores .

En la actualidad no existen organizaciones que trabajen en estas actividades, tan solo existen personas de muy bajos recursos económicos que deambulan por las calles en busca de formas de ingresos que se dedican a la venta del reciclable. La actividad inicia al momento de la puesta de los residuos en las calles por parte de los usuarios para la recolección y transporte; facilitándose la misión de los recicladores puesto que los residuos se separan previamente en la fuente. Una vez recolectados los residuos reciclables por estas personas, son llevados a la venta con otras personas intermediarias ante las fábricas e industrias de recuperación de materiales. A pesar que la separación en la fuente trae consigo la misma separación de los materiales reciclables, no ha sido implementado hasta el momento el programa de aprovechamiento de los reciclables por parte de la empresa encargada del aseo en Puente Nacional, razón por la cual no se ha organizado personal para ello, ni se ha integrado a las personas que laboran de forma individual y constante en las calles del municipio y en el relleno sanitario de San gil donde llega también parte de estos materiales.

5.1.3 Numero de recicladores con empleo formal.

No hay empleados con labores de reciclaje pertenecientes a organizaciones o grupos individuales dedicados a esta actividad y afiliados con la actual empresa prestadora del servicio de aseo de Puente Nacional ACUAPUENTE ESP.

5.2. Diagnóstico ambiental

- Descripción de los impactos ambientales generados por las unidades de aprovechamiento y de disposición final.

Las formas de aprovechamiento y disposición de residuos sólidos actuales se enfocan en la planta de compostaje de residuos orgánicos y el relleno sanitario del municipio de San Gil llamado Empsacol, en este último se dispone los residuos sólidos inertes o también llamados basura muerta.



FUGURA No. 5-1; PLANTA DE COMPOSTAJE. PILAS DE COMPOSTAJE Y DRENAJES DE LIXIVIADOS

Fuente: Trabajo de campo. El autor

La planta de compostaje produce únicamente lixiviados del escurrimiento de las pilas del compost, el cual es conducido a un reactor aerobio que trata este percolado y de allí se retorna al ciclo del proceso. Las áreas de más importancia a la hora de una evaluación ambiental son los efluentes de lixiviados de la planta, el área de compostaje y almacenamiento.

El otro factor de influencia negativa es el olor y los mosquitos, los cuales son producidos por la actividad normal del proceso. El control constante mediante fumigación manual inhibe y paraliza la sobrepoblación; en conjunto se hace control natural mediante las pilas de compost, estas realizan un exterminio biológico dada la alta actividad bacteriana que allí predomina convirtiendo los huevos de larvas, moscas y zancudos en alimento para los microorganismos. El control natural será la ficha clave para la eliminación de vectores, razón por la cual se busca dar soluciones técnicas y no métodos caseros que pueden originar epidemias; lo anterior se explica con la presencia de pollos en el área de compostaje utilizados para el supuesto exterminio de vectores; lo que da por entendido que se busca es el aprovechamiento del rico alimento contenido en los residuos orgánicos para estos animales. Lastimosamente los residuos vienen contaminados de alguna u otra forma y se convierten en sustancias contaminadas de delicado tratamiento.



FUGURA No. 5-2: PLANTA DE COMPOSTAJE - SISTEMA DE TRATAMIENTO DE LIQUIDO PERCOLADO (LIXIVIADOS)

Fuente: Trabajo de campo. El autor



FUGURA No. 5-3: PLANTA DE COMPOSTAJE - TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROCEDENTES DEL LAVADO DE LA PLANTA

Fuente: Trabajo de campo. El autor



FUGURA No. 5-4: PLANTA DE COMPOSTAJE - FUMIGACION DE TODA LAS AREAS PARA EXTERMINACION DE VECTORES

Fuente: Trabajo de campo. El autor

A continuación se describen los impactos ambientales generados en ambos sistemas:

5.2.1 Descripción impactos ambientales de la Planta de Compostaje:

5.2.1.1. Recurso abiótico (aire, agua, suelo)

Las afectaciones que se encontraron en el recurso abiótico son:

1. El aire recibe emisiones y olores debidos a las volquetas que transportan los residuos y por la composición de los mismos. De la misma forma se encuentran muy pocos vectores como moscas y zancudos, a pesar de las constantes fumigaciones, implementación de cercas naturales como plantas aromáticas.

2. Las corrientes de agua cercanas no se afectan; porque se canaliza las aguas lluvias con canales perimetrales, se recogen las aguas lluvias en las cubiertas y se llevan a un depósito o tanque de almacenamiento para su posterior utilización en los servicios sanitarios y uso del personal de la planta.

3. Las aguas producto del lavado de las instalaciones son tratadas mediante un sistema primario y secundario: rejillas, pozo séptico, reactor anaerobio, campo de infiltración.

4. El líquido percolado “lixiviados” o residuo liquido producto de los residuos orgánicos en la pilas de compost son recogidos mediante un falso fondo, son conducidas mediante tubería a un reactor aerobio, en el cual existe una válvula para permitir su desagüe. El producto liquido final del reactor es utilizado para dos fines: el primero para ser regalado a cualquier interesado que posea cultivos o terrenos necesitados para mejorar las condiciones de suelo, el segundo para recircularlo al proceso del compostaje como medio de inoculación de nuevas bacterias y materia orgánica a la pilas del compost con lo que a su vez se aumenta la degradación, se acelera el proceso y se disminuye el tiempo de residencia de los residuos. El posible residual del efluente del reactor es conducido al campo de infiltración ya existente para disponer también las aguas producto del lavado de las instalaciones.

5. El suelo se encuentra muy poco afectado en las áreas de tránsito de la actual infraestructura y de las áreas proyectadas para ampliación, debido al mantenimiento constante de las vías de acceso y perimetrales mediante obras de arte (cunetas, drenajes, manejo de taludes, etc.). La vía recibe mantenimiento periódico mediante capa de triturado y compactación por parte de la administración municipal.

6. Los terrenos aledaños equilibran el poco impacto ocasionado por la actividad de la planta debido a que es un área aprovechada actualmente como Ecoparque; el área se encuentra muy reforestada con especies ornamentales nativas y mantenidas por la misma empresa para su buen crecimiento.

7. Recurso biótico: flora, fauna. La fauna y la flora tienen gran importancia a la hora de una evaluación, pero en el presente caso una mínima afectación en razón de la escasa influencia del personal al terreno no aprovechado de las mismas instalaciones (aprox. 9 hectáreas) y en el que no se aprovechan los recursos maderables, ni se realizan actividades de caza deportiva ni alimenticia. El terreno se encuentra cercado y vigilado las 24 horas del día durante toda la semana, lo que impide la entrada de personal ajeno a la planta de compostaje. La proliferación constante de especies arbóreas proyecta la recuperación y conservación de la fauna en la región y contribuye a la puesta en marcha del proyecto Ecoparque, con el cual se pretende construir un jardín botánico y un vivero a un futuro muy cercano, si persiste la buena voluntad administrativa que se tiene hasta el momento.

8. Recurso socioeconómico. Con la ejecución del proyecto se generaron diez (10) puestos de trabajo durante la construcción de la planta de compostaje, al iniciar su funcionamiento y hasta la presente se crearon cuatro (2) puestos de trabajo directos y (2) indirectos, siempre y cuando exista elevada entrada de residuos, lo cual depende de los convenios con los demás municipios a los que se les presta el servicio. La producción de abonos orgánicos favorece económica y ambientalmente a los residentes de la región por la reducción en el consumo de abonos químicos; estos son más costosos y otorgan efectos muy negativos para los suelos y el hombre, mientras que para los bioabonos son totalmente lo contrario.

Por último se realiza el trámite por parte del municipio para la obtención de la licencia ambiental de la planta de compostaje recién creada, donde posteriormente es aprobada con la resolución N° 0804 del 6 de julio de 1999 y tiene vigencia por vida del proyecto, a su vez se imponen unas obligaciones de acuerdo a obras e infraestructura pendientes para un óptimo funcionamiento y aprovechamiento del material orgánico como reciclable. En la resolución nombrada se hace énfasis que para el funcionamiento del relleno sanitario “Payandé” del municipio de Puente Nacional se hace calcula una vida útil de 7 años más de funcionamiento aproximadamente y que para el funcionamiento de éste “no se requiere de licencia ambiental porque el inciso 3 del artículo 38 del decreto 1753 de 1994, determina que no requiere licencia ambiental aquellos proyectos de competencia de las corporaciones autónomas regionales que iniciaron actividades antes de la expedición de la citada norma”²; por ello el funcionamiento del relleno hasta la fecha de hoy se encuentra clausurado.

- Descripción del sistema de gestión ambiental del municipio de Puente Nacional y de la Empresa “Acuapunte ESP” como responsable de la prestación del servicio de aseo.

5.2.1.2. Organización municipal para el manejo de los residuos sólidos.

La empresa de servicios públicos de Puente Nacional: Acuapunte ESP, fue constituida legalmente desde el año 2001 mediante acuerdo municipal el concejo municipal de Puente Nacional. Desde allí la empresa ha tomado las riendas del manejo del acueducto, alcantarillado y servicio de aseo municipal.

Únicamente el servicio de aseo para los residuos especiales y peligrosos del hospital integrado San Antonio de Puente Nacional, farmacias, laboratorios y peluquerías son contratados

con la empresa “Descont Ltda.”, empresa privada de servicios públicos cuya función es el manejo de este tipo de residuos.

El servicio de aseo ha tenido un énfasis muy especial en Puente nacional, puesto que se ha convertido en uno de los proyectos que el municipio ha pretendido impulsar desde el año 1998, cuando se creó la planta de compostaje como solución al problema ambiental de los residuos sólidos en Puente Nacional. No obstante las ideas vienen desde muchos más años atrás cuando Puente nacional fue uno de los primeros municipios en Colombia de aplicar un relleno sanitario técnicamente manejado, lo que demuestra que siempre ha existido vocación en la comunidad de ser “limpios”.

Administración del servicio de aseo.

Siendo la empresa de acueducto, alcantarillado y aseo de Puente Nacional Acuapunte ESP, la encargada de la administración del servicio de aseo y entre sus facultades legales decide contratar lo que correspondiente a la mano de obra del servicio de barrido, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos con el fin de minimizar gastos comparado con el sistema de contratación de mano de obra directa; con esta medida se disminuye aparentemente gastos.

Acuapunte ESP, paga por contrato de prestación de servicios asumiendo el pago por empleado de la empresa asociativa como sueldo integral. La empresa se encarga de la responsabilidad directa sobre el manejo del barrido, recolección, transporte, tratamiento y disposición final; con lo que únicamente y se hace cargo del seguimiento de la ejecución del objeto del contrato firmado; el seguimiento es realizado mediante interventoría e informes mensuales.

5.2.1.3. Funciones de la empresa prestadora del servicio de aseo.

Algunas de las funciones de la Empresa de Servicios Públicos de Puente Nacional son:

1. Recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos residenciales, comerciales e institucionales.
2. Administración y operación de la planta de compostaje municipal.
3. Limpieza de vías y áreas del área urbana.
4. Administración, asignación y ejecución de recursos para la eficiente prestación del servicio de aseo.
5. Programación y recaudo de ingresos provenientes de la facturación.

5.2.1.4. Etapas de la prestación del servicio de aseo.

A continuación se exponen las diferentes actividades que se llevan a cabo en la prestación del servicio de aseo:

5.2.1.4.1. Barrido de calles y áreas públicas.

El barrido de calles en el sector residencial y oficial (parques, polideportivos, plaza de mercado y plaza de ferias) es realizado por los empleados de la empresa Acupunte, los cuales se encargan del barrido manual de las calles pavimentadas y destapadas de toda el área urbana, con una frecuencia de barrido de 6 veces por semana.

5.2.1.4.2. Almacenamiento y presentación de los residuos sólidos.

Hay una diversa variedad de receptáculos donde se pueden acumular los residuos sólidos. En la tabla siguiente se describe este aspecto, además de señalar el lugar y el tiempo máximo de almacenamiento de los residuos en cada una de las fuentes de generación del municipio. (Ver tabla 13). El manejo de residuos sólidos en Puente nacional empieza desde la fuente, allí mediante campañas de educación y sensibilización se implementó el programa de separación en la fuente, que pretendía disminuir gran parte del proceso, personal, impactos ambientales y costos de operación mediante la clasificación de los residuos desde las viviendas.

Con ello se permitió definir los días de la semana para la recolección, tratamiento y disposición de los residuos domésticos teniendo en cuenta su característica física y/o composición.

Con lo anterior los operarios del sistema de aseo laboran de acuerdo a la misma clasificación, por lo que los días martes y viernes se disponen para la recolección, transporte y procesamiento de los residuos orgánicos hacia la planta de compostaje. Es de anotar que el día lunes se recolectan exclusivamente los residuos procedentes de la plaza de mercado y plaza de ferias por ser el día de mercado del municipio.

Fuente	Tipo de recipiente	Lugar de almacenamiento
Sector residencial	Bolsas, canecas plásticas, timbos y sacos de fique y fibra,	Interior de la vivienda
Sector comercial	Canecas plásticas y metálicas de 55 Gal.	Interior del establecimiento
Sector institucional	Canecas plásticas de 55 Gal.	Interior de la institución
Plaza de mercado	Costales, bolsas ,canecas plásticas	In situ
Hospital	Contenedores de 1.5 m³. <u>Bolsas de colores</u> - Verde: Residuos inorgánicos - Transparente: Reciclaje	Sótano de la Institución

TABLAS No. 3: ALMACENAMIENTO Y PRESENTACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN PUENTE NACIONAL

Fuente: Trabajo de campo

MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS		
MANEJO INTEGRAL DE ORIGEN VEGETAL	RESIDUOS INERTES	RESIDUOS RECICLABLES
MARTES Y VIERNES	MIÉRCOLES	JUEVES
ASERRIN, VIRUTA CÁSCARAS DE HUEVO RESIDUOS DE ALIMENTOS CUNCHOS DE CAFÉ Y DE OTRAS BEBIDAS CÁSCARAS DE FRUTAS CÁSCARAS DE TUBÉRCULOS RESIDUOS DE VERDURAS RESIDUOS DE HORTALIZAS ARROZ, MAÍZ, PASTO Y HARINAS Y OTROS CEREALES	RESTOS DE VAJILLAS Y PORCELANAS BOLSAS PLÁSTICAS EMPAQUES DE COMESTIBLES ICOPOR BOMBILLOS Y LÁMPARAS PAÑALES DESECHABLES TOALLAS Y PAÑUELOS DESECHABLES PAPEL HIGIÉNICO SERVILLETAS Y LIMPIONES CONDONES O PRESERVATIVOS ESPUMAS EMPAQUES TETRAPAK COLILLAS	CHATARRA (HIERRO, COBRE, ALUMINIO) CARTÓN, PAPEL PAPEL PERIÓDICO VIDRIO CAUCHO PLÁSTICO PVC ENVASES JUGUETES LLANTAS
		
<p>SACA LOS RESIDUOS EL DÍA PROGRAMADO</p> <p>ACUAPUENTE S.A. E.S.P. <i>Estamos Cumpliendo!</i></p> <p>ECO PUENTE</p> <p>CAMBIO REAL PARA UN PUENTE REAL ADMINISTRACIÓN MUNICIPAL PUENTE NACIONAL SAN GIL 2012-2015</p>		

FUGURA No. 5-5: PUBLICIDAD EMITIDA COMO PARTE DE LA CAMPAÑA DE EDUCACION AL USUARIO PARA LA CLASIFICACION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Fuente: Acuapunte ESP.

Los días miércoles y jueves se recolecta en general los inertes y reciclables, se transportan en el vehículo recolector para ser dispuestos en el relleno sanitario Empsacol en el municipio de San Gil, allí los recicladores hacen su función: apartar, y empacar los residuos reciclables para su beneficio económico y personal.

El día sábado se labora únicamente para la recolección de los productores mayores del municipio: los colegios y escuelas, y la vía Puente Nacional hasta el límite con el municipio de Barbosa.

5.2.1.5. Sistema de recolección y transporte de residuos sólidos.

La recolección incluye la toma de residuos sólidos de diversos orígenes, luego el transporte de los residuos al lugar de disposición final o planta de compostaje. (Ver figura No. 12).

Sitio y forma de recolección. El vehículo recolector por medio del pito o la corneta informa a los habitantes su presencia en el sector, de esta forma se permite a los usuarios sacar los residuos sólidos al sitio de recolección: frente a las viviendas, en forma oportuna. Inmediatamente dos recolectores de piso se encargan de levantar manualmente los residuos sólidos acumulados en las vías, en los separadores, o en frente de las casas. De igual manera dos recolectores sobre el platón del vehículo arman una pared en la parte posterior del mismo (sobre la compuerta metálica) con todas las bolsas que les alcanzan los 2 recolectores de piso, para luego desocupar y compactar con su propio peso los residuos procedentes de canecas plásticas, costales de fique, fibra y otros recipientes en la parte central.



FUGURA No. 5-6: SISTEMA DE RECOLECCION Y TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Fuente: Trabajo de campo. El autor

El horario establecido para estas actividades es de 7 a.m. a 5 p.m. de modo que el servicio se preste de una forma más eficiente.

5.2.1.6. Identificación de las poblaciones y comunidades afectadas directa o indirectamente con la prestación del servicio.

Las personas que habitan circundantemente en la planta de compostaje de Puente Nacional, son campesinos especialmente y en otro de los casos son personas que cuentan con terrenos para el descanso los fines de semana. Según lo observado e indagado hay inconformismo por los olores generados por estas actividades.

5.3. Diagnostico técnico

5.3.1 Identificación y descripción del micro rutas empleadas.

El municipio presenta actualmente, dada la población en el casco urbano y la poca extensión, un sistema de recorrido en ruta. En el transcurso de la semana el recorrido es normal ya que se cuenta con 4 volquetas de recolección.

Para el día lunes. Se realiza recolección únicamente a la plaza de mercado y de aquí, una vez cargado, el vehículo transporta los residuos al relleno sanitario. La razón de esta ruta es no dificultar e interferir en la labor de mercado y sobrepoblación del día en todo el municipio. En este día el centroide es la plaza de mercado y el parque de las Luces, ubicados ambos adyacentemente. La labor de recolección del parque de las Luces inicia a las 3:00 p.m. donde se hace el barrido, junto a esta actividad la volqueta se encuentra parqueada a un costado del parque para la posterior recolección. Los residuos de este lugar son considerados como inertes, debido a que el poco material orgánico presente denominado “rusque” (hoja de plátano), proveniente del envuelto de los bultos de panela, papa, yuca, mazorca, etc., es un material poco procesable en la planta de compostaje debido a que no se deja triturar o moler ocasionando un atascamiento al tornillo sin fin del triturador razón por la cual son llevados en su totalidad al relleno sanitario ubicado en la ciudad de San Gil.

Los residuos de la plaza de mercado son apilados mediante barrido en las mismas horas de la tarde del día lunes, son separados y clasificados para ser manejados de acuerdo a su composición; si son orgánicos (90%) van a la planta de compostaje el día siguiente junto con lo recolectado del día martes que también es orgánico. Los residuos inertes y reciclables (10%), son transportados el mismo martes, en horas de la tarde con el recorrido de los residuos de barrido de todo el casco urbano del municipio que son dispuestos al relleno sanitario. La fracción de reciclable es aprovechada por los funcionarios del vehículo recolector para su beneficio económico, bien sea en la misma volqueta o en el relleno sanitario.

El día martes. Son recolectados los residuos orgánicos de todos los usuarios: residencial (estratos 1, 2 y 3), comercial, oficial e institucional en todo el municipio. La ruta es en todo el municipio y al finalizar se transportan a la planta de compostaje, este día se realiza un solo viaje.

El día miércoles. Son los residuos inertes recolectados a todos los usuarios nombrados anteriormente, estos residuos son cargados a la volqueta y si esta se llena antes del medio por ende se transporta los residuos al relleno sanitario de Empsacol ubicado en la ciudad de San Gil.

El día jueves. Son los residuos reciclables recolectados a todos los usuarios nombrados anteriormente, al finalizar la micro ruta son transportados los residuos al relleno sanitario de San Gil. Los residuos reciclables no son aprovechados por el municipio actualmente, por esta razón son dispuestos al relleno Empsacol.

El día viernes. Son los residuos orgánicos a todos los usuarios nombrados anteriormente, al finalizar la micro ruta, son transportados los residuos a la planta de compostaje, en este día se realiza un solo viaje.

El día sábado. Son los residuos inertes en instituciones. Este día ocurre lo opuesto a toda la semana, no hay control y la ruta es definida por los recolectores quienes operan sin planificación.

La ruta total la comprende una primera realizada hasta el límite del municipio de Puente Nacional con el municipio de Barbosa; este recorrido inicia en la salida del municipio vía a

Barbosa, ingresa a la vía la Chicharrona pasando por toda la vía antigua a Barbosa y a salir al parador turístico Villa de Puente Real con la vía central actual a Barbosa, luego hasta el límite con Barbosa en el Puente de la vereda Semisa y devuelta. Una vez llegado al municipio, se hace recorrido en sentido de las carreras, ingresando a todos los establecimientos educativos donde se suponen deberían ser recolectados residuos inertes pero la verdad es que todo es mezclado en la fuente y llevado en su totalidad al relleno sanitario.

Los días martes, miércoles, jueves y viernes en horas de la tarde. Son recolectados todos los residuos de barrido, los cuales son ubicados por los barrenderos en esquinas estratégicas, en todos sus recorridos realizados, en horas de la mañana. El día sábado estos residuos son evacuados junto con los del recorrido normal del día. Finalmente en cada día se realiza con estos residuos un viaje al relleno sanitario para su disposición final.

5.3.2 Número de viajes realizados al mes.

El número de viajes realizados al mes se estableció según lo consultado al operador de la volqueta. La ruta semanal realizada y la separación de residuos establecida para los usuarios del servicio de aseo dan como resultado una cantidad de rutas para cada día debido principalmente a la cantidad del residuo recolectado.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Mañana	NO	P.C (1)	R.SAN (3)	NO	P.C (1)	R.SAN (1)	NO
Tarde	R.SAN (1)	R.SAN (1)	R.SAN (1)	R.SAN (1)	R.SAN (1)	NO	NO

TABLAS No. 4: RUTA SEMANAL

Fuente: Trabajo de campo. El autor

Dónde:

P.C: a la Planta de Compostaje (Numero de viajes)

R.SAN: al Relleno sanitario (Numero de viajes)

Total n° rutas al mes = 48

5.3.3 Tiempo promedio efectivo de recolección

Sumatoria de los tiempos durante los cuales el vehículo se detiene a recoger una cantidad de residuos determinada

DIAS DE LA SEMANA	TIEMPO PROMEDIO EFECTIVO DE RECOLECCIÓN (HORAS)	
	RECOLECCIÓN RSU DEL DÍA	RECOLECCIÓN RSU DE BARRIDO
lunes	0	1.5
martes	6	0.50
miércoles	6.5	0.47
jueves	2.5	0.50
viernes	5.2	0.43
sábado	3.1	0.5
domingo	0	0

TABLAS No. 5: TIEMPO PROMEDIO DE RECOLECCION

Fuente: Trabajo de campo. Muestreo representativo de rutas y promedio de estudios de tiempos efectivos de recolección.

5.3.4 Tiempo promedio improductivo de viaje (expresado en horas)

Tiempo promedio improductivo de viaje. Es la sumatoria de tiempo empleado por un vehículo de recolección desde que sale de la base o sitio de parqueo al inicio de operación, del punto donde termina la recolección hasta el sitio de descargue, el tiempo utilizado en el descargue de los residuos y el tiempo empleado del sitio de descargue a la base.

$$T.P.I.V = Ti + Ttd + Td + Trd$$

Dónde:

Ti: Tiempo de desplazamiento desde el sitio de parqueo

Ttd: Tiempo de transporte a la zona de descargue

Td: Tiempo de descargue

Trd: Tiempo de retorno desde el sitio de descargue al punto base final de recolección.

DIAS DE LA SEMANA	TIEMPO PROMEDIO IMPRODUCTIVO (HORAS)
Lunes	1.16
martes	2.08
miércoles	3
Jueves	1.16
viernes	2.08
Sábado	1.16

TABLAS No. 6: TIEMPO PROMEDIO IMPRODUCTIVO DE VIAJE

Fuente: Trabajo de campo.

5.3.5 Áreas de servicio exclusivo

El servicio exclusivo de aseo corresponde a la prestación de recolección y disposición de residuos especiales, conocidos también como residuos hospitalarios, contaminados y peligrosos, los cuales por su composición y grado de contaminación (generalmente de mucosa y/o líquidos corporales humanos sirven de medio de transporte y contagio de posibles enfermedades), son producidos en los diferentes establecimientos de salud, farmacias y peluquerías de todo el municipio.

Los establecimientos que manejan este tipo de residuos en el municipio fueron visitados para establecer las cantidades producidas semanalmente, a su vez otorgaron información sobre el manejo actual de este tipo de residuos; luego, se pudo establecer que no todos los establecimientos en el casco urbano del municipio están entregando estos residuos a una empresa privada Descont Ltda., Gestión Integral de residuos sólidos proveniente de la ciudad de Bucaramanga y la cual presta servicios de manejo y disposición de residuos contaminados. Esta empresa hace la recolección a todos los establecimientos con los que maneja contrato de servicios en todo el municipio, para luego transportarlos y disponerlos en un horno incinerador ubicado en la ciudad de Bucaramanga.

En la información recopilada con los establecimientos de esta índole, se determinó que la mayoría de los residuos producidos son materia inerte, orgánica y reciclable, la cual es entregada al vehículo recolector del servicio de aseo ordinario de Acuapunte ESP, lo demás, es decir lo patógeno y contaminado es entregado al vehículo recolector de la empresa Descont S.A ESP.

5.3.6 Características del vehículo de recolección del servicio de aseo ordinario.

Tipo de vehículo: Volqueta

Marca: Dodge

Modelo: 1971

Color: Azul

Motor: Diesel

Placas: IDC-819

Capacidad (M3): 7 ton



FUGURA No. 5-7: transporte de los residuos solidos (volqueta)

Fuente: Trabajo de campo. El autor

Tipo de vehículo: Volqueta

Marca: Chevrolet

Modelo: 1989

Color: Verde

Motor: Diesel

Placas: NVK-251

Capacidad (M3): 8 ton



FUGURA NO. 5-8: TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS (VOLQUETA)

Tipo de vehículo: Volqueta

Marca: Ford

Modelo: 1994

Color: Verde

Motor: Diésel

Placas: WHG-235

Capacidad (M3): 9 ton



FUGURA No. 5-9: TRANSPORTE DE RESIDUOS SOLIDOS

Fuente: Trabajo de campo. El autor

Tipo de vehículo: Volqueta

Marca: Ford

Modelo: 1955

Color: Verde

Motor: Diesel

Placas: XAB-092

Capacidad (M3):5 ton



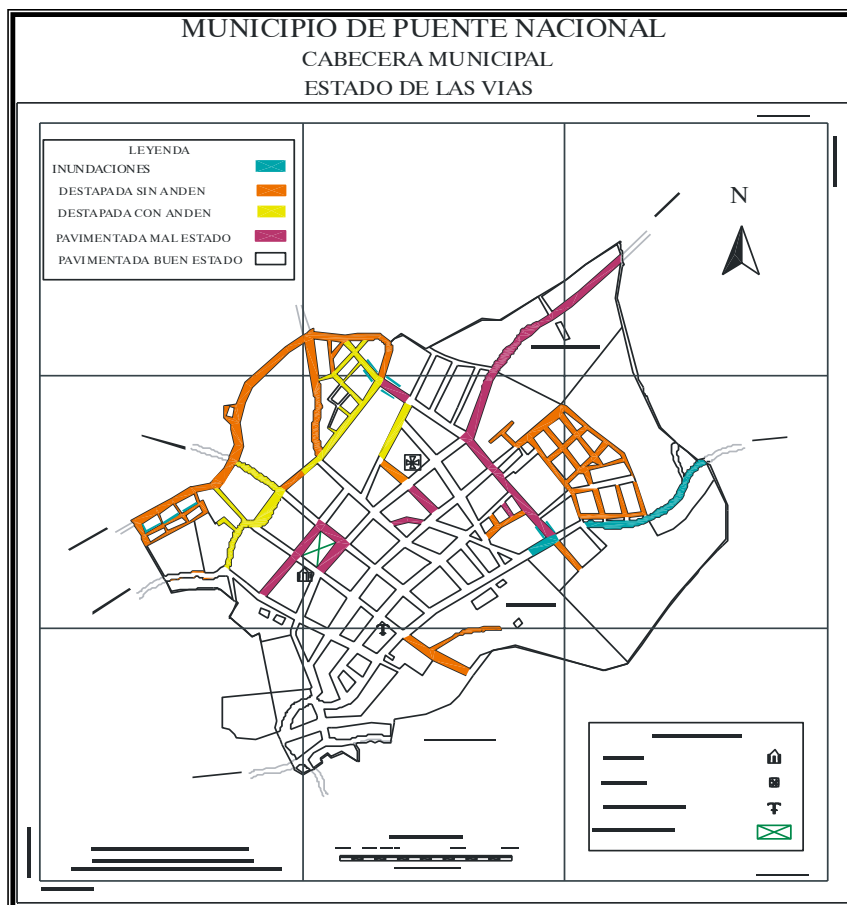
FUGURA NO. 5-10: TRANSPORTE DE LOS RESIDUOS SOLIDOS (VOLQUETA)

Fuente: Trabajo de campo. El autor

5.3.7 Descripción de la infraestructura existente

La empresa de servicios públicos de Puente Nacional cuenta con infraestructura suficiente para la prestación del servicio público de aseo en el municipio de Puente Nacional, el

cual consta de personal contratado (12 personas), vehículo recolector (4), escobas, palas, machetas, carritos recolectores, bolsas plásticas, planta de compostaje (residuos orgánicos).



FUGURA NO. 5-11: MAPA DEL ESTADO DE LAS VÍAS DE PUENTE NACIONAL

5.3.8 Número de operarios en recolección y transporte (ORT)

= 5 (Un conductor + 4 recolectores)

5.3.9 Costo anual de personal dedicado a las actividades de recolección y transporte (CPRT):

Valor en pesos corrientes del total de pagos, durante los últimos doce meses, por prestación de servicios y jornales.

Dado que Acuapunte ESP se encarga de la mano de obra para el servicio de recolección, transporte, barrido, tratamiento y disposición final de los residuos. El número de personal que se dedica a las actividades de recolección está distribuido de la siguiente manera:

BARRIDO	4
RECOLECCION	4
APROVECHAMIENTO	2

TABLAS No. 7: NUMERO DE OPERARIOS
Fuente: Acuapunte E.S.P 2013

El costo total para cada uno de ellos esta de la siguiente manera para el año 2013:

PERSONAL DE RECOLECCION Y TRANSPORTE	\$37.190.000
BARRIDO Y LIMPIEZA	\$37.328.500
APROVECHAMIENTO	\$18.540.000
TOTAL	92.293.500

TABLAS No. 8: COSTO TOTAL DE LOS OPERARIOS
Fuente: Acuapunte E.S.P 2013

Dividimos por el número de empleados a pagar: (diez empleados):

\$/operario-año: 9.229.350

5.3.10 Cobertura de recolección, respecto al área urbana:

El servicio de aseo tiene una cobertura del 100%; es decir que la recolección de residuos sólidos se hace al 100% del área urbana contemplada en el EOT municipal.

5.3.11 Cantidad total de producto terminado (compost) de origen orgánico al mes en Ton/mes (PTO).

Este valor es tomado de lo argumentado por el operario de la planta de compostaje, encargado del inventario de producción de abono orgánico.

(PTO) = 20 Ton/mes

5.3.12 Descripción de la infraestructura y maquinaria existente.

En la actualidad la planta de compostaje cuenta con la siguiente infraestructura y maquinaria para el procesamiento de residuos sólidos orgánicos y producción del mejorador de los suelos:

- Tolva de recepción de 4.5 metros x 1.5 metros
- Banda transportadora y de inspección de 1m x 8.65m
- Moto reductor dosificador y desbrozado de bolsas.

- Tornillo sin fin de 1,1 m con moto reductor
- Picadora y trituradora con motor de 10 caballos y contractor
- Dos motores: uno de 25 Hp y otro de 1,2 Hp
- Bodega de almacenamiento
- Estación eléctrica de control
- Oficina, cuarto de herramientas y servicios sanitarios con pozo séptico.
- Dos tanques para almacenamiento de agua de 5000 lt.
- Área de producción encerrada en angeo y polietileno 24 x12 m.
- Área de secado encerrada en angeo de 15 x 7 m.
- Reactor biológico de 2m de diam x 1.50 de altura.
- Hornilla para quemar carbón y ventilador de 24" con motor de 7.5 Hp.
- Cribadora con moto reductor de 1 ½ Hp

- Balanza de 500 Kg.
- Área para procesamiento del reciclable de 12 x 8 m.
- Unidad de pozo séptico compuesta por tres tanques en serie

6. Caracterización de los residuos

Para el presente diagnóstico fue necesario el levantamiento y realización de la caracterización de los residuos sólidos, como forma de soporte real de las producciones reales de los residuos sólidos en el casco urbano del municipio.

6.1. Caracterización física de los residuos sólidos en Puente Nacional.

Las labores de muestreo se llevaron a cabo en la semana del 13 de junio al lunes 15 de junio del 2015; discriminándose tipo de generador dado que el municipio cuenta con una estratificación recientemente establecida.

La finalidad de un estudio de caracterización de residuos reside en obtener la composición de las basuras y la importancia radica en darle un manejo adecuado a los residuos y un aprovechamiento en el que puedan generar algún tipo de ingreso adicional.

La fase de la caracterización de los residuos domiciliarios de un municipio debe ser el estudio de las condiciones de la zona urbana, con miras a buscar la tecnología adecuada que se debe aplicar. Sin embargo, para el caso del municipio de Puente Nacional existe un manejo integral de los residuos sólidos desde el año 2001, y que ubica la planta de compostaje como sistema de recirculación de materiales al ciclo productivo natural. Por esta razón se hace

innecesaria la caracterización ya que estos son clasificados en cada hogar y son llevados a la planta de compostaje del municipio.

6.2. Procedimiento

1. La información se obtuvo en base a un muestreo realizado en cada uno de los estratos de la población urbana del municipio clasificados de la siguiente manera:

GENERADOR	NIVEL	6.2.1.1. N° MUESTRAS
ESTRATO 1	BAJO-BAJO	2
ESTRATO 2	MEDIO- BAJO	2
ESTRATO 3	MEDIO	2
OFICIAL	OFICIAL	2
COMERCIAL	COMERCIAL	2
	TOTAL:	10

TABLAS NO. 9: CLASIFICACIÓN GENERADORES - ESTRATIFICACIÓN MUNICIPAL
Fuente: ACUAPUENTE ESP. Información base de datos de usuarios 2013.

2. Se efectuaron muestras representativas teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- Cantidad de usuarios por tipo de generador (residencial, comercial e institucional)
- Tipo de residuos producido por tipo de generador.
- Representatividad en cantidad de residuos aproximados producidos.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
Mañana	Plaza de mercado	Residuos Orgánicos	Material Inerte	Material Reciclable	Residuos Orgánicos	Institucional, perímetro urbano y área rural
Tarde	Residuos barrido	Residuos barrido	Residuos barrido	Residuos barrido	Residuos barrido	Residuos barrido

TABLAS No. 10: Recolección de residuos Vehículo recolector en la semana



FIGURA No. 6-1: RECOLECCION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN EL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL

Fuente: el autor



FUGURA No. 6-2; RECOLECCION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN EL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL

Fuente: el autor

3 . Con el acompañamiento y dirección de la alcaldía de Puente Nacional se tomaron residuos con los que se va a realizar el estudio en los siguientes puntos; 2 viviendas de cada uno de los estratos (ESTRATO 1 ,ESTRATO 2 , ESTRATO 3) , 2 locales comerciales y dos instituciones educativas del municipio.



FUGURA No. 6-3: CUARTEO

Fuente: el autor



FUGURA No. 6-4: CUARTEO

Fuente: el autor

4. Se procede a vacía el contenido generando sobre un área plana horizontal y se mueve hasta generar una homogenización de la siguiente manera:



FUGURA No. 6-5: RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL

Fuente: el autor



FUGURA No. 6-6: RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL

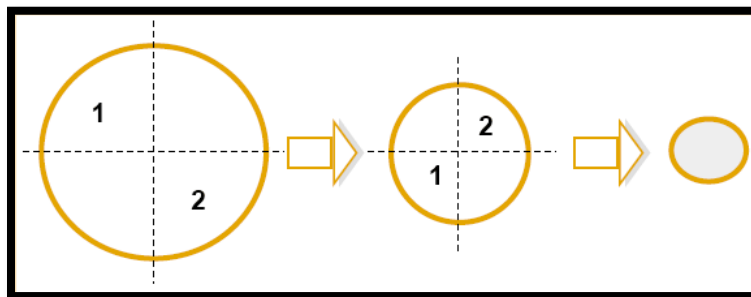
Fuente: el autor



FUGURA No. 6-7: RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL

Fuente: el autor

Se dividió en cuatro partes iguales y se escogieron dos opuestas y se forma otro muestreo y se dividió de nuevo en cuatro partes iguales y se volvió a escoger dos opuestas esto se realizó hasta obtener el volumen necesario.



FUGURA No. 6-8: REPRESENTACION DEL CUARTE

Fuente: el autor

Luego, se separan los componentes del montón último, se realiza la clasificación y una vez clasificada se pesan mediante una pesa.



FUGURA No. 6-9: RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL

Fuente: el autor



FUGURA No. 6-10: BALANZA Y PESO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL

Fuente: el autor

6.3. Resultados:

Estrato 1	clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
muestra 1	orgánico	13.532	67.66%
	papel	1.214	6.0700%
	vidrio	0	0
	Cartón	2.2	11%
	polietileno	1.4	7%
	tela	0.2	1%
	residuos sanitarios	1	5%
	latas	0.4	2%
	otros	0.054	0.2700%
		20	100%

Estrato 1	clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
muestra 2	orgánico	12.03	60.15%
	papel	1.8	9%
	vidrio	0.8	4%
	cartón	1.62	8%
	polietileno	1	5%
	tela	0	0%
	residuos sanitarios	1.2	6%
	latas	0.8	4%
	otros	0.8	4%
		20	100%

Estrato 1	clase de residuos	peso (kg)	porcentaje (%)
------------------	-------------------	-----------	----------------

muestra 3	organico	11.4	57.00%
	papel	2.4	12%
	vidrio	0	0%
	carton	1.2	6%
	polietileno	1.4	7%
	tela	0	0%
	residuos sanitarios	1.4	7%
	latas	1.4	7%
	otros	0.8	4%
		20	100%

Estrato 1 muestra 4	clase de residuos	peso (kg)	porcentaje (%)
	organico	12.6	63.00%
	papel	1.6	8%
	vidrio	0	0%
	carton	1.8	9%
	polietileno	0.6	3%
	tela	0	0%
	residuos sanitarios	0.6	3%
	latas	1.2	6%
	otros	1.6	8%
		20	100%

Estrato 2 muestra 1	clase de residuos	peso (kg)	porcentaje (%)
	organico	14.02	70.10%
	papel	0.8	4%
	vidrio	0.42	2%
	carton	1	5%
	polietileno	1	5%

tela	0.4	2%
residuos sanitarios	0.9	5%
latas	0.6	3%
otros	0.8	4%
	20	100%

Estrato 2
muestra 2

clase de residuos	peso (kg)	porcentaje (%)
orgánico	15.2	76.00%
papel	0	0%
vidrio	0	0%
cartón	2.2	11%
polietileno	0.2	1%
tela	0	0%
residuos sanitarios	0.8	4%
latas	0.6	3%
otros	1	5%
	20	100%

Estrato 2
muestra 3

clase de residuos	peso (kg)	porcentaje (%)
organico	14.6	73.00%
papel	0.6	3%
vidrio	0	0%
carton	1.4	7%
polietileno	1	5%
tela	0	0%
residuos sanitarios	1.2	6%
latas	0.4	2%
otros	0.8	4%

	20	100%
--	----	-------------

Estrato 2
muestra 4

clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
orgánico	15.38	76.90%
papel	1.8	9%
vidrio	0	0%
cartón	0	0%
polietileno	0.6	3%
tela	0	0%
residuos sanitarios	1	5%
latas	0.4	2%
otros	0.8	4%
	20	100%

Estrato 3
muestra 1

clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
orgánico	15.4	77.00%
papel	0.4	2%
vidrio	0	0%
cartón	1	5%
polietileno	0.6	3%
tela	0.2	1%
residuos sanitarios	0.8	4%
latas	1	5%
otros	0.6	3%
	20	100%

Estrato 3
muestra 2

clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
orgánico	14.4	72.00%
papel	1	5%

vidrio	0	0%
cartón	0.6	3%
polietileno	0.8	4%
tela	0	0%
residuos sanitarios	1.4	7%
latas	0	0%
otros	1.8	9%
	20	100%

Estrato 3
muestra 3

clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
orgánico	15	75.00%
papel	0.4	2%
vidrio	0.8	4%
cartón	1	5%
polietileno	0.8	4%
tela	0	0%
residuos sanitarios	1	5%
latas	0	0%
otros	1	5%
	20	100%

Estrato 3
muestra 4

clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
orgánico	15.8	79.00%
papel	0	0%
vidrio	0	0%
cartón	1	5%
polietileno	0.8	4%
tela	0	0%
residuos sanitarios	0.8	4%
latas	0.8	4%

otros	0.8	4%
	20	100%

comercial
muestra 1

clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
orgánico	17	85.00%
papel	0	0%
vidrio	0	0%
cartón	0.1	1%
polietileno	2	10%
tela	0	0%
residuos sanitarios	0.8	4%
latas	0	0%
otros	0	0%
	20	100%

Comercial
muestra 2

clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
orgánico	16	80.00%
papel	0	0%
vidrio	0	0%
cartón	1	5%
polietileno	1.4	7%
tela	0	0%
residuos sanitarios	0.4	2%
latas	0	0%
otros	1.2	6%
	20	100%

Comercial
muestra 3

clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
orgánico	19	95.00%

papel	0	0%
vidrio	0	0%
cartón	0.2	1%
polietileno	0	0%
tela	0	0%
residuos sanitarios	0	0%
latas	0.8	4%
otros	0	0%
	20	100%

Comercial muestra 4	clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
	orgánico	17.8	89.00%
	papel	0	0%
	vidrio	0	0%
	cartón	0.8	4%
	polietileno	1	5%
	tela	0	0%
	residuos sanitarios	0.4	2%
	latas	0	0%
	otros	0	0%
		20	100%

institucional muestra 1	clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
	orgánico	7.6	38.00%
	papel	6.4	32%
	vidrio	0	0%
	cartón	4.4	22%
	polietileno	1.2	6%
	tela	0	0%
	residuos sanitarios	0.4	2%

latas	0	0%
otros	0	0%
	20	100%

institucional	clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
muestra 2	orgánico	8.6	43.00%
	papel	3.8	19%
	vidrio	0	0%
	cartón	6.6	33%
	polietileno	0.8	4%
	tela	0	0%
	residuos sanitarios	0	0%
	latas	0	0%
	otros	0	0%
		20	99%

institucional	clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
muestra 3	orgánico	7	35.00%
	papel	8	40%
	vidrio	0	0%
	cartón	4	20%
	polietileno	0.4	2%
	tela	0	0%
	residuos sanitarios	0	0%
	latas	0.6	3%
	otros	0	0%
		20	100%

institucional	clase de residuos	peso (kg)	Porcentaje (%)
----------------------	-------------------	-----------	----------------

muestra 4	orgánico	8.4	42.00%
	papel	3.4	17%
	vidrio	0	0%
	cartón	5.6	28%
	polietileno	1.6	8%
	tela	0	0%
	residuos sanitarios	0.4	2%
	latas	0.6	3%
	otros	0	0%
		20	100%

TABLAS No. 11: RESULTADOS CUARTEO

Fuente: El autor.

ESTRATO 1	PROMEDIO
orgánico	62%
papel	9%
vidrio	1%
Cartón	8%
polietileno	6%
tela	0%
residuos sanitarios	6%
latas	4%
otros	3%

ESTRATO 2	PROMEDIO
orgánico	74%
papel	4%
vidrio	1%
Cartón	6%
polietileno	4%
tela	1%

residuos sanitarios	5%
latas	3%
otros	4%

ESTRATO 3	PROMEDIO
orgánico	76%
papel	2%
vidrio	1%
Cartón	5%
polietileno	4%
tela	0%
residuos sanitarios	5%
latas	2%
otros	5%

COMERCIAL	PROMEDIO
orgánico	87%
papel	0%
vidrio	0%
Cartón	3%
polietileno	6%
tela	0%
residuos sanitarios	2%
latas	1%
otros	2%

INSTITUCIONAL	PROMEDIO
orgánico	40%
papel	27%
vidrio	0%
Cartón	26%

polietileno	5%
tela	0%
residuos sanitarios	1%
latas	2%
otros	0%

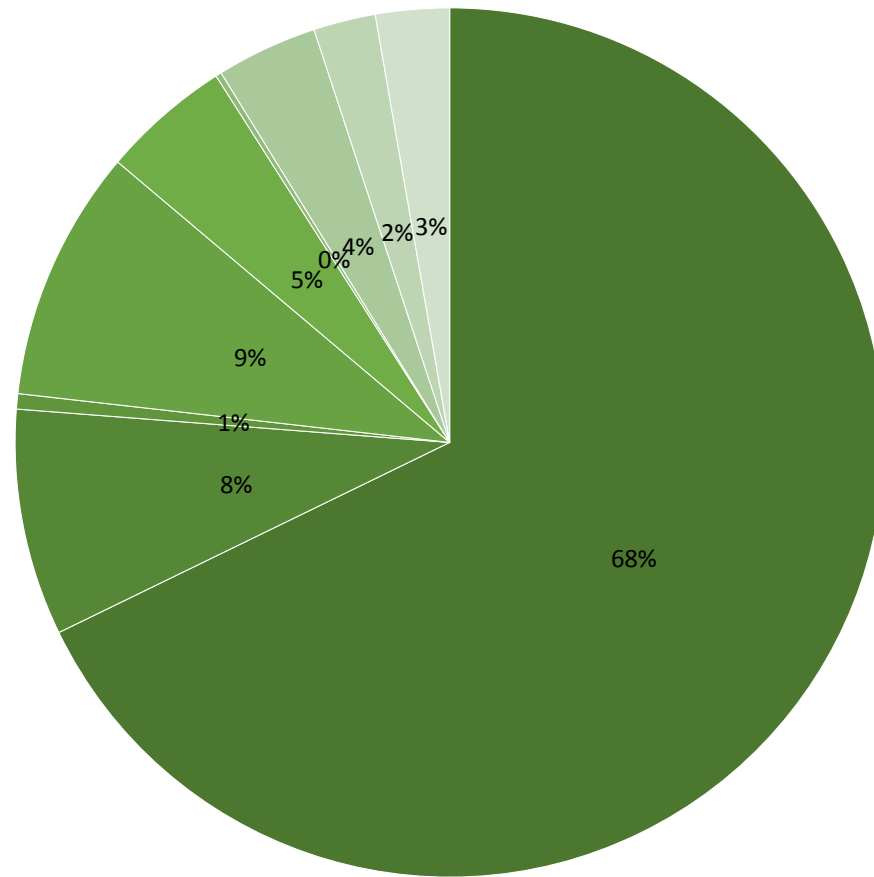
COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS PUENTE NACIONAL	
orgánico	68%
papel	8%
vidrio	1%
Cartón	9%
polietileno	5%
tela	0%
residuos sanitarios	4%
latas	2%
otros	3%

TABLAS No. 12: COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS DE PUENTE NACIONAL

Fuente: el autor

Con estos datos se obtuvo la Gráfica en la cual se pueden observar los porcentajes de cada clase de residuo:

COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS



■ ORGANICO ■ PAPEL ■ VIDRIO ■ CARTON ■ POLIETILENO ■ TELA ■ RESIDUOS SANITARIOS ■ LATAS ■ OTROS

7. Diseño de micro ruteo de recolección

7.1. Parámetros de diseño

El diseño del micro ruteo se realizó teniendo en cuenta las normas y parámetros dados en el Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS 2000, que en el título F trata todo lo referente a Sistemas de aseo urbano. Los parámetros tenidos en cuenta fueron los siguientes.

- Se deben minimizar los giros en U y los giros a la izquierda.
- El recorrido de las calles sea en el sentido de las manecillas del reloj.
- En lugares de alta congestión vial se hace necesario recoger en una hora donde el tráfico no retrase el recorrido.
- El recorrido tiene que ser continuo, es decir que contenga una serie de calles sin zonas muertas o traslapadas con calles correspondientes a otras rutas.
- En las vías cerradas se recomienda hacer la recolección con un desplazamiento en reversa y la recolección en marcha para adelante.
- En zonas de cerros, la recolección debe iniciar en la parte más alta y continuar cuesta abajo mientras se cargan los vehículos.
- En el caso de calles empinadas, se empieza la recolección en la parte más alta y se debe recoger en ambas aceras.
- Si se presenta el caso de una recolección en ambas aceras es preferible realizar rutas derechas y con pocos giros.
- El conductor debe contar con una carta de recorrido preestablecida al momento de empezar los servicios.
- Se deben minimizar los tiempos muertos y recorridos improductivos.

7.2. Tiempos de ciclo

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
mañana	no	pc (1)	r.san (3)	no	p.c (1)	r.san (1)	no
tarde	r.san (1)	r.san (1)	r.san (1)	r.san (1)	r.san (1)	no	no

TABLAS No. 13: Número de rutas semanal
Fuente: El autor. Trabajo de campo.

Dónde:

P.C: a la Planta de Compostaje (Numero de viajes)

R.SAN: al Relleno sanitario (Numero de viajes)

Total n° rutas al mes = 48

7.3. Identificación y descripción del micro rutas empleadas.

El municipio presenta actualmente, dada la población en el casco urbano y la poca extensión, un sistema de recorrido en ruta. En el transcurso de la semana el recorrido es normal ya que se cuenta con 4 volquetas con buena capacidad de recolección.

El micro ruta establecida para el municipio de Puente Nacional en la recolección de residuos sólidos es planeado de acuerdo al conductor del vehículo. (Ver Anexos G.3. Micro ruta de recolección actual).

- Micro ruta día lunes: plaza de mercado
- Micro ruta días: lunes, martes, jueves y viernes
- Micro ruta día miércoles

- Micro ruta recolección de bolsas de barrido
- Micro ruta barrido de calles (martes a sábado)

MICRORUTEO ACTUAL	RUTA	TIEMPO EN HORAS
lunes	plaza de mercado - compostaje	1.16
martes	residuos de barrido -relleno sanitario	2.08
miércoles	residuos inertes estratos 1, 2, 3- relleno sanitario	3
jueves	reciclables estratos 1,2,3-relleno sanitario	1.16
viernes	residuos orgánicos -compostaje	2.08
sábado	instituciones - rellenos sanitarios	1.16

TABLAS No. 14: micro ruteo

7.4. Tiempo de ciclo

Los tiempos de ciclo son tomados de las visitas realizadas a campo midiendo las distancias y realizando un aproximado de velocidad

	TURNOS DIURNOS (MIN)	VELOCIDAD
base - sector	5	30 km/hora
sector - relleno sanitario	12	40 km /hora
relleno sanitario	10	10 km/hora
relleno sanitario-sector	12	40 km /hora
relleno sanitario -base	5	30 km/hora

TABLAS No. 15: TIEMPO EN CICLOS

7.5. micro rutas propuesta

- Micro ruta 1: día lunes (residuos inertes Plaza de mercado y parque de las luces)
- Micro ruta 2: día Miércoles (residuos inertes residencial, comercial y parte de institucional)
- Micro ruta 3: día sábado. (Residuos inertes institucional y residuos mezclados del recorrido zona rural en límites con Barbosa)

TURNO DIURNO (MIN)	
micro ruta 1	27
micro ruta 2	62
micro ruta 3	75

*TABLAS No. 16: MICRO RUTA PROPUESTA
Fuente: autor*

8. Diseño relleno sanitario

8.1. Tipos de relleno sanitario

- Tipo área
- Tipo rampa
- Tipo trinchera
- Tipo área y rampa

Después de analizar el terreno se llegó a la conclusión que de acuerdo a las características geológicas del terreno en el cual se va a situar el nuevo relleno sanitario, el tipo de relleno más apropiado es el relleno tipo trinchera.

De acuerdo a los últimos estudios realizados por la gerencia de servicios públicos de Puente Nacional en donde se encontró que el PPC del año 2015 corresponde a: 0.73

Con este dato se puede hallar la producción total de basuras con la siguiente expresión:

$$DS_d = pob * PPC$$

Dónde:

DS_d = Cantidad de residuos sólidos producidos por día (kg/día)

Pob= Población total (habitantes)

PPC = producción per cápita (kg/hab/día)

De esta manera se puede hacer la proyección de la producción total de residuos a 20 años, con un incremento del PPC de 1% anual.

PRODUCCION TOTAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS					
año	población	PPC	cantidad de residuos solidos		
			diario(kg/día)	anual (ton/año)	acumulado (ton)
2015	6129	0.73	4474.16	1633.07	1633.07
2016	6202	0.74	4572.77	1669.06	3302.13
2017	6276	0.74	4673.44	1705.80	5007.93

2018	6350	0.75	4776.21	1743.32	6751.25
2019	6426	0.76	4881.14	1781.62	8532.87
2020	6502	0.77	4988.26	1820.72	10353.58
2021	6578	0.77	5097.63	1860.64	12214.22
2022	6656	0.78	5209.29	1901.39	14115.61
2023	6734	0.79	5323.30	1943.00	16058.62
2024	6813	0.80	5439.69	1985.49	18044.10
2025	6893	0.81	5558.54	2028.87	20072.97
2026	6974	0.81	5679.88	2073.15	22146.12
2027	7056	0.82	5803.77	2118.37	24264.50
2028	7138	0.83	5930.26	2164.55	26429.04
2029	7221	0.84	6059.42	2211.69	28640.73
2030	7305	0.85	6191.31	2259.83	30900.56
2031	7390	0.86	6325.97	2308.98	33209.54
2032	7476	0.86	6463.47	2359.17	35568.71
2033	7563	0.87	6603.88	2410.42	37979.12
2034	7651	0.88	6747.25	2462.75	40441.87
2035	7739	0.89	6893.65	2516.18	42958.05

TABLAS No. 17: PRODUCCION TOTAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Fuente: el autor

8.2. Volumen del relleno y área requerida

Para realizar el cálculo del volumen diario se utiliza la siguiente expresión:

$$V_{dc} = \frac{DS_p}{\partial_{rsm}}$$

Dónde:

V_{dc} = Volumen a disponer en un día ($m^3/día$)

DS_p = Cantidad de residuos producidos en un día ($kg/día$)

ρ_{rsm} = Densidad de los residuos recién compactados ($500 kg/m^3$)

DATO OBTENIDO DE ESTUDIOS REALIZADOS POR EL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL.

Al tener el volumen anual de residuos, se puede hallar el material de cobertura necesario para cubrir los residuos y para esto se requiere saber que el material de cobertura equivale al (20 – 25) % de los residuos sólidos recién compactados, es decir:

$$m. c. = V_{ac} * 0.20$$

Dónde:

m. c. = Material de cobertura

V_{ac} = Volumen de residuos sólidos producidos en un año ($m^3 / año$)

El volumen total del relleno es la suma del volumen de residuos sólidos producidos en un año y el material de cobertura:

$$V_r = V_{ac} + m.c.$$

El área requerida para el relleno depende del volumen de residuos sólidos producidos a lo largo de la vida útil del relleno, de la profundidad del relleno que no es recomendable que supere los 6 m y de las áreas adicionales para obras complementarias.

$$A_{rs} = \frac{V_r}{h_r}$$

Dónde:

A_{rs} = Área por rellenar sucesivamente (m^2)

V_r = Volumen del relleno (m^3)

h_r = Altura del relleno (m)

Finalmente se debe agregar un factor de aumento de las áreas requeridas para las vías de acceso, linderos, portería, instalaciones etc. el cual debe estar entre (30–40) %. Para los cálculos del presente relleno se utilizó 30%.

8.3. Área total requerida para la realización del relleno teniendo en cuenta los siguientes parámetros

$h = 5 \text{ m}$

$\rho_{\text{rsm}} = 500 \text{ kg/m}^3$ DATO OBTENIDO DE ESTUDIOS REALIZADOS POR EL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL.

$\rho_{\text{estabilizado}} = 600 \text{ kg/m}^3$ DATO OBTENIDO DE ESTUDIOS REALIZADOS POR EL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL.

F de áreas = 30%

PRODUCCION TOTAL DE LOS RESIDUOS SOLIDOS			VOLUMEN EN M3							AREA REQUERIDA				
año	población	p	cantidad de residuos solidos			residuos compactados		material de cobertura		residuos sólidos estabilizados	relleno sanitario		relleno	total
			diario(kg/día)	anual (ton/año)	acumulado (ton)	diario(m3)	anual (m3)	diario(m3)	anual (m3)	m3/año	m3	acumulado	área requerida(m2)	área total (m2)
2015	6129	0.	4474.1	1633.0	1633.07	8.948	3266.	1.789	653.2	2721.780082	3919.	3919.	783.8726	783.87
		7	6	7		3180	13609	6636	27219		3633	36331	637	26637
		3				8	9	2	7		2	8		
2016	6202	0.	4572.7	1669.0	3302.13	9.145	3338.	1.829	667.6	2781.766929	4005.	7925.	801.1488	1585.0
		7	7	6		5351	12031	1070	24063		7443	10769	756	21539
		4				1	5	2			8	6		
2017	6276	0.	4673.4	1705.8	5007.93	9.346	3411.	1.869	682.3	2843.00784	4093.	12019	818.7862	2403.8
		7	4	0		8750	60940	3750	21881		9312	.0389	579	07797
		4				9	8	2	6		9	9		

7														
2	6350	0.	4776.2	1743.3	6751.25	9.552	3486.	1.910	697.3	2905.529742	4183.	16203	836.7925	3240.6
0		7	1	2		4265	63569	4853	27138		9628	.0018	656	00363
1		5				5		1			3	1		
8														
2	6426	0.	4881.1	1781.6	8532.87	9.762	3563.	1.952	712.6	2969.360164	4275.	20478	855.1757	4095.7
0		7	4	2		2799	23219	456	46439		8786	.8804	272	7609
1		6				9	7		3		4	5		
9														
2	6502	0.	4988.2	1820.7	10353.5	9.976	3641.	1.995	728.2	3034.527254	4369.	24848	873.9438	4969.7
0		7	6	2	8	5279	43270	3055	86540		7192	.5997	491	19939
2		7				6	5	9	9		5			
0														
2	6578	0.	5097.6	1860.6	12214.2	10.19	3721.	2.039	744.2	3101.05979	4465.	29314	893.1052	5862.8
0		7	3	4	2	5265	27174	0530	54349		5261	.1257	195	25159
2		7				1	8	1	6			9		
1														
2	6656	0.	5209.2	1901.3	14115.6	10.41	3802.	2.083	760.5	3168.987197	4563.	33877	912.6683	6775.4
0		7	9	9	1	8588	78463	7176	56927		3415	.4673	127	93471
2		8					6	1	3		6	6		

2														
2	6734	0.	5323.3	1943.0	16058.6	10.64	3886.	2.129	777.2	3238.33956	4663.	38540	932.6417	7708.1
0		7	0	0	2	6595	00747	3191	01494		2089	.6763	934	35265
2		9				8	2	6	5		7	2		
3														
2	6813	0.	5439.6	1985.4	18044.1	10.87	3970.	2.175	794.1	3309.147642	4765.	43305	953.0345	8661.1
0		8	9	9	0	9389	97717	8779	95434		1726	.8489	21	69786
2		0				5	1		1			3		
4														
2	6893	0.	5558.5	2028.8	20072.9	11.11	4057.	2.223	811.5	3381.442897	4869.	48175	973.8555	9635.0
0		8	4	7	7	7072	73147	4145	46295		2777	.1267	544	2534
2		1				5	7	1	3		7			
5														
2	6974	0.	5679.8	2073.1	22146.1	11.35	4146.	2.271	829.2	3455.257488	4975.	53150	995.1141	10630.
0		8	8	5	2	9750	30898	9501	61797		5707	.6974	565	1395
2		1				6	5	3	1		8	8		
6														
2	7056	0.	5803.7	2118.3	24264.5	11.60	4236.	2.321	847.3	3530.624302	5084.	58234	1016.819	11646.
0		8	7	7	0	7532	74916	5063	49832		0989	.7964	799	9593
2		2					2	9	4		9	8		

7														
2	7138	0.	5930.2	2164.5	26429.0	11.86	4329.	2.372	865.8	3607.576969	5194.	63429	1038.982	12685.
0		8	6	5	4	0527	09236	1054	18472		9108	.7073	167	94146
2		3					2		5		3	1		
8														
2	7221	0.	6059.4	2211.6	28640.7	12.11	4423.	2.423	884.6	3686.149877	5308.	68737	1061.611	13747.
0		8	2	9	3	8848	37985	7697	75970		0558	.7631	164	55263
2		4				9	2	8	4		2	3		
9														
2	7305	0.	6191.3	2259.8	30900.5	12.38	4519.	2.476	903.9	3766.378191	5423.	74161	1084.716	14832.
0		8	1	3	6	2613	65383	5226	30766		5846	.3477	919	26955
3		5				2		5				3		
0														
2	7390	0.	6325.9	2308.9	33209.5	12.65	4617.	2.530	923.5	3848.297873	5541.	79702	1108.309	15940.
0		8	7	8	4	1938	95744	3876	91489		5489	.8966	788	57933
3		6				2	8	4	6		4	7		
1														
2	7476	0.	6463.4	2359.1	35568.7	12.92	4718.	2.585	943.6	3931.945696	5662.	85364	1132.400	17072.
0		8	7	7	1	6944	33483	3889	66967		0018	.8984	36	97969
3		6				8	5	5				7		

2														
2	7563	0.	6603.8	2410.4	37979.1	13.20	4820.	2.641	964.1	4017.359266	5784.	91149	1156.999	18229.
0		8	8	2	2	7756	83111	5513	66223		9973	.8958	469	97916
3		7				5	9		8		4	1		
3														
2	7651	0.	6747.2	2462.7	40441.8	13.49	4925.	2.698	985.0	4104.577042	5910.	97060	1182.118	19412.
0		8	5	5	7	4499	49245	8999	9849		5909	.4867	188	09735
3		8				9		7			4	5		
4														
2	7739	0.	6893.6	2516.1	42958.0	13.78	5032.	2.757	1006.	4193.638354	6038.	10309	1207.767	20619.
0		8	5	8	5	7304	36602	4608	47320		8392	9.326	846	8652
3		9				2	5	4	5		3			
5														

TABLAS No. 18: PRODUCCION TOTAL DE RESIDUOS SOLIDOS

AREA TOTAL + 30% AREAS ADICIONALES(M2)	26805.82
---	-----------------

8.4. Selección del método de relleno

Con la topografía del terreno y debido a su configuración; se realizará un relleno tipo trinchera, el cual es especial para terrenos que no son parejos y sus pendientes son de aproximadamente 7%.

8.4.1 Diseño de la zanja

Para diseñar la zanja se necesita saber que volumen necesita tener para cumplir con su vida útil, rango que se encuentra entre 60 días y 90 días, para esto se utiliza la siguiente expresión:

$$V_Z = \frac{t * DS_p * m. c.}{\rho_{RSM}}$$

Dónde:

V_Z = Volumen de la zanja (m^3)

DS_p = Cantidad de residuos sólidos recolectados (kg/día)

ρ_{RSM} = Densidad de los residuos en el relleno (kg/m^3)

m. c. = Material de cobertura (kg/día)

t = Tiempo de vida útil (días)

Para el diseño de la zanja se propone que tenga una vida útil de 90 días.

$$V_z = \frac{90 \text{ dias} * 4474.16 \frac{\text{kg}}{\text{dia}} * 1.2}{500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_z = 966.42 \text{ m}^3$$

El alto de la zanja será de 3 m y el ancho de 6

L: largo de la zanja

$$966.42 \text{ m}^3: 3\text{m} * 6\text{m} * L$$

$$L: 53.7 \text{ m}$$

8.4.2 Diseño de la celda diaria

La altura de la celda diaria debe estar entre (1–1.5) m, debido a que la compactación es manual, es necesario saber la cantidad de basura que se va a disponer diariamente, de la siguiente manera:

$$DS_{RS} = DS_P * \frac{7}{d_{hab}}$$

Dónde:

DS_{RS} = Cantidad media diaria residuos sólidos en el relleno sanitario (kg/día)

DS_P = Cantidad de residuos sólidos producidos por día (kg/día)

d_{hab} = Días de llegada de residuos al relleno (3 días a la semana)

$$DS_{RS} = 4476.76 \frac{kg}{dia} * \frac{7}{3}$$

$$DS_{RS} = 10445.77 \frac{kg}{dia\ laboral}$$

El volumen de la celda diaria está dado por la siguiente expresión:

$$V_c = \frac{DS_{rs}}{D_{rsm}} * m. c.$$

$$V_c = \frac{10445.77 \frac{kg}{dia}}{400 \frac{kg}{m^3}} * 1.2$$

$$V_c = 31.33 \frac{m^3}{\text{dia laboral}}$$

Área de la celda

$$A_c = \frac{V_c}{h_c}$$

Debido a que la compactación será realizada de manera manual, se establece una altura de 1 m para la celda diaria.

$$A_c = \frac{32.33 \frac{m^3}{\text{dia laboral}}}{1 m}$$

$$A_c = 32.33 \frac{m^2}{\text{dia laboral}}$$

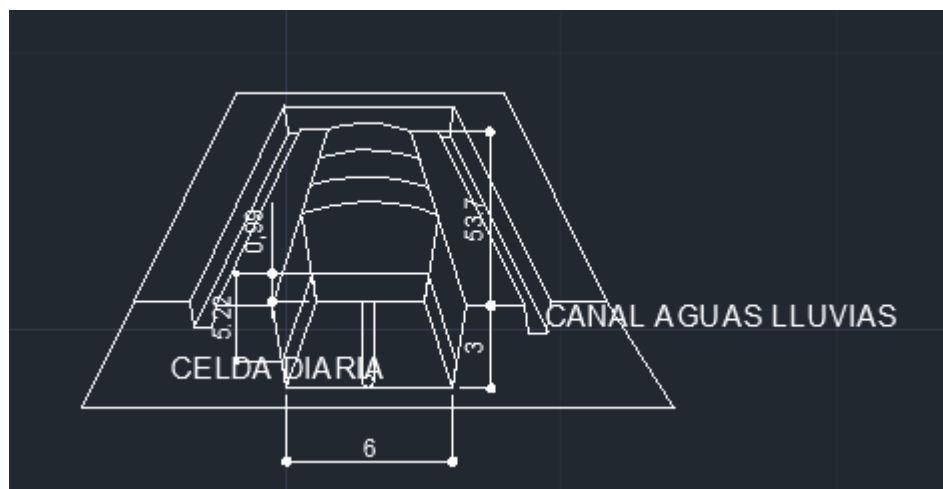
El ancho de la celda en este caso será el mismo que el de la zanja que es de 6 m, así pues la longitud está dada por:

$$l = \frac{A_c}{a}$$

$$l = \frac{31.33 \frac{m^2}{\text{dia laboral}}}{6 m}$$

$$l = 5.22 m$$

Es decir cuando el camión llegue a descargar los residuos sólidos del día, se deberá hacer una celda con las siguientes dimensiones una altura de 1 m, un ancho de 6 m y 5.22 m de longitud.



FUGURA No. 8-1: ZANJA Y CELDA DIARIA

Fuente: el autor

8.4.3 Calculo de mano de obra

$$V_{Ds} = \frac{10445.77 \frac{kg}{dia\ laboral}}{400 \frac{kg}{m^3}} = 26.11 \frac{m^3}{dia\ laboral}$$

$$Volumen\ de\ tierra = 26.11 \frac{m^3}{dia\ laboral} * 0.20 = 5.2 \frac{m^3}{dia\ laboral}$$

$$Volumen\ de\ la\ celda\ diaria = (26.11 + 5.2) \frac{m^3}{dia\ laboral} = 31 \frac{m^3}{dia\ laboral}$$

8.4.4 Cantidad de personal requerido para la labor

Operación	Rendimientos	Hombre/día
Movimientos de desechos	$\frac{10.44 \frac{ton}{dia}}{0.90 \frac{ton}{hr-hom}} * \frac{1}{7 hr}$	1.65
Compactación de desechos	$\frac{31 \frac{m^2}{dia}}{0.90 \frac{m^2}{hr-hom}} * \frac{1}{7 hr}$	1
Movimiento de tierra	$\frac{5.2 \frac{m^3}{dia}}{0.37 \frac{m^3}{m^3}} * \frac{1}{7 hr}$	2

Compactación de Celda	$\frac{32 \frac{m^2}{día}}{0.90 \frac{m^2}{hr - hom}} * \frac{1}{7 hr}$	1
Relleno sanitario		5

TABLAS No. 19: Personal requerido para la disposición de residuos

8.5. Generación de lixiviado

8.5.1 Calculo de la generación del lixiviado

$$Q = \frac{1}{t} P x A x K$$

Q= Caudal medio de lixiviado generado (m3/mes)

P= Precipitación media anual (mm/año) (del POT del municipio de puente nacional)

A= Área superficial del relleno (m3)

t= número de segundos en un año (3153600 seg/año)

K= Coeficiente que depende del grado de compactación de la basura

Para rellenos débilmente compactados con peso específico de 0.4 a 0,7 t/m³, se estima una generación de lixiviado entre 25 y 50% (k = 0,25 a 0,50) de la precipitación media anual correspondiente al área del relleno. (Álvaro Orozco Jaramillo, Universidad de Antioquia, Colombia, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente “CEPIS”).

El $K = 0.35$ (de acuerdo a lo mencionado anteriormente asumimos 0.35)

$$Q = \frac{1}{31536000 \frac{\text{seg}}{\text{año}}} * 2000 \frac{\text{mm}}{\text{año}} * \frac{1}{1000} \frac{\text{m}}{\text{mm}} * 26805.82 \text{ m}^2 * 0.35$$

$$Q = 5.95 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

8.5.2 Diseño del sistema de drenaje de lixiviado

8.5.2.1. Volumen de lixiviado

$$V = Qxt$$

V= Volumen de lixiviado que será almacenado m^3

Q= Caudal medio de lixiviado generado (m^3/seg)

t= tiempo de retención estimado de 3 días en segundos

$$V = 5.95 * 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{seg}} * 259200 \text{ seg}$$

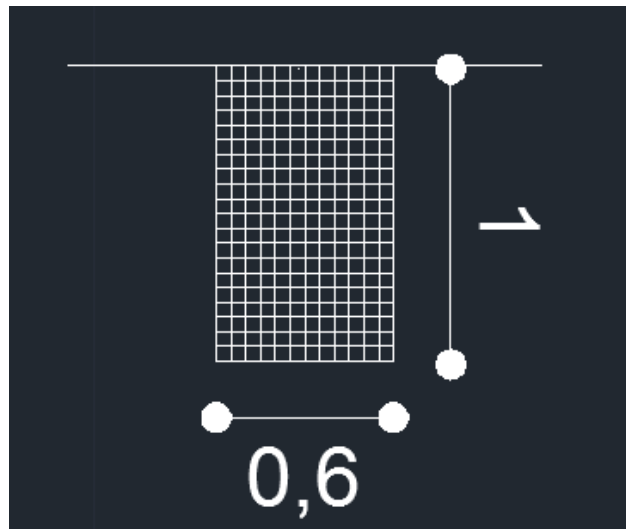
$$V = 154.22 \text{ m}^3$$

8.5.2.2. Longitud del sistema de zanjas para el lixiviado

Teniendo el volumen del lixiviado se puede proceder a calcular las dimensiones de las zanjas. Las zanjas deben tener por lo menos un ancho de 0.6 metros por 1 metro de profundidad. Adicionalmente se construirán drenes (espina de pescado), la cual cuenta con

una tubería principal de diámetro de 6" y con una pendiente de 2 % y varias tuberías aferentes de diámetros de 4" con una pendiente del 2 %, las tuberías aferentes se le realizaran una perforación de ½" cada 0.20 m, las tuberías serán instaladas con un ángulo de 45° y se le colocarán un tapón.

Las zanjas tendrán unas pantallas cada 10 m con un ancho de 0.30 m, se dejará un borde libre de 0.30 m entre la pantalla y el nivel de la superficie del terreno, esto con el fin de que el lixiviado no se rebose por la zanjas. Adicionalmente se colocara piedras dentro de las zanjas con diámetros de 4" a 6" y encima un geo textil con el fin de que se pueda infiltrar los líquidos y a su vez retener las partículas finas que lo pueden colmatar.



FUGURA No. 8-2: PERFIL TRANSVERSAL DE LA ZANJA DE LIXIVIADOS

Fuente: el autor

$$l = \frac{V}{a}$$

L= Longitud de la zanjas de almacenamiento (m)

V= Volumen del lixiviado que será almacenado durante los periodos de lluvia (m³)

a= Área superficial de la zanja (m²)

Las zanjas tendrán las siguientes dimensiones 0.6 m de ancho por 1.0 m de profundidad.
(AREA:0.6M2).

$$l = \frac{154.22 \text{ m}^3}{0.6 \text{ m}^2}$$

PROYECCION DEL CAUDAL DEL LIXIVIADO		
año	caudal del lixiviado acomulado(m3/s)	volumen del lixiviado (m3)
1	0.000595	154.22
2	0.00119	308.44
3	0.001785	462.66
4	0.00238	616.88
5	0.002975	771.1
6	0.00357	925.32
7	0.004165	1079.54
8	0.00476	1233.76
9	0.005355	1387.98
10	0.00595	1542.2
11	0.006545	1696.42
12	0.00714	1850.64
13	0.007735	2004.86
14	0.00833	2159.08

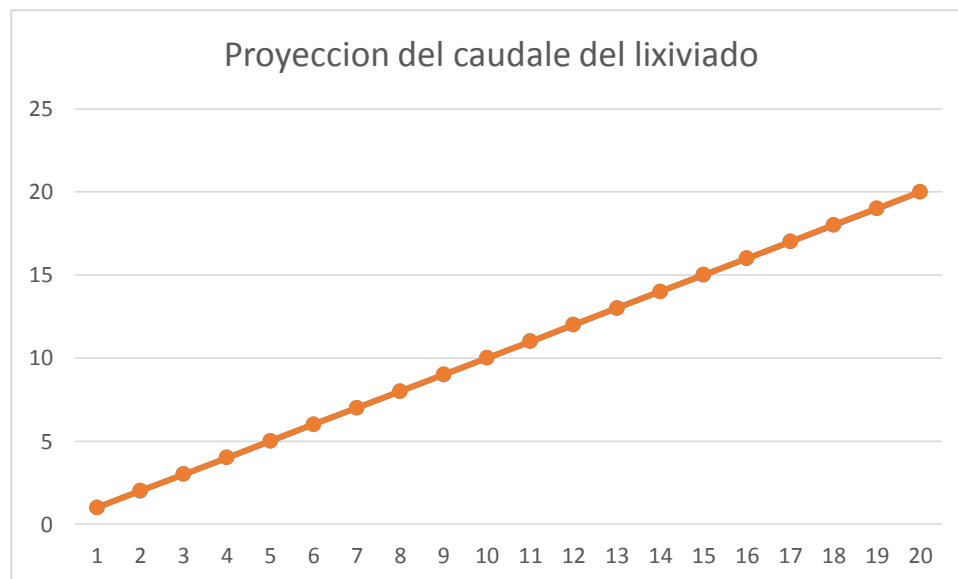
15	0.008925	2313.3
16	0.00952	2467.52
17	0.010115	2621.74
18	0.01071	2775.96
19	0.011305	2930.18
20	0.0119	3084.4

TABLAS No. 20: PROYECCION DEL CAUDAL DEL LIXIVIADO

$$l = 257 \text{ m}$$

8.5.3 Proyección del caudal del lixiviado

8.5.4 Proyección del caudal del lixiviado



8.6. Diseño de laguna de lixiviado

8.6.1 Dimensiones de la laguna de lixiviados

H= Profundidad de la laguna, se determina según la disponibilidad del terreno

R= Relación largo ancho

N= Número de lagunas

Z= Talud

Bl= Borde libre

H= 2 m

R= 1.2 m DATOS OBTENIDOS DEL LIBRO HECTOR COLLAZOS

N= 1

Z= 2:1

Bl= 0.4

V: volumen del lixiviado en el año actual (2015)

- **Área**

$$A = \frac{V}{H}$$

$$A = \frac{154.22 \text{ m}^3}{2 \text{ m}}$$

$$A = 77.11 \text{ m}^2$$

- **Ancho Medio**

$$Wm = \left(\frac{A/N}{R} \right)^{1/2}$$

$$Wm = \left(\frac{77.11 \text{ m}^2/1}{1.2} \right)^{1/2}$$

$$Wm = 8.01 \text{ m}$$

- **Largo Medio**

$$Lm = Wm \times R$$

$$Lm = 8 \text{ m} \times 1.2$$

$$Lm = 9.6 \text{ m} ; 10 \text{ m}$$

- **Ancho de Fondo**

$$Wf = Wm - (Z \times H)$$

$$Wf = 8 \text{ m} - (2 \times 2 \text{ m})$$

$$Wf = 4 \text{ m}$$

- **Largo de Fondo**

$$Lf = Lm - (Z \times H)$$

$$Lf = 10 \text{ m} - (2 \times 2 \text{ m})$$

$$Lf = 6 \text{ m}$$

- **Área de Fondo**

$$Af = Wf \times Lf$$

$$Af = 4 \text{ m} \times 6 \text{ m}$$

$$Af = 24 \text{ m}^2$$

- **Ancho de Espejo de Agua**

$$We = W + (Z \times H)$$

$$We = 8 \text{ m} + (2 \times 2 \text{ m})$$

$$We = 12 \text{ m}$$

- **Largo de Espejo de Agua**

$$Le = Lm + (Z \times H)$$

$$Le = 10 \text{ m} + (2 \times 2 \text{ m})$$

$$Le = 14 \text{ m}$$

- **Ancho de la Cresta**

$$Wc = We + 2(Z \times Bl)$$

$$Wc = 12 \text{ m} + 2(2 \times 0.4 \text{ m})$$

$$Wc = 13.6 \text{ m} ; 14 \text{ m}$$

- **Largo de la Cresta**

$$Lc = Le + 2(Z \times Bl)$$

$$Lc = 14 \text{ m} + 2(2 \times 0.4 \text{ m})$$

$$Lc = 15.6 \text{ m}$$

$$Lc = 16 \text{ m}$$

- **Área de la Cresta**

$$Ac = Wc \times Lc$$

$$Ac = 14 \text{ m} \times 16 \text{ m}$$

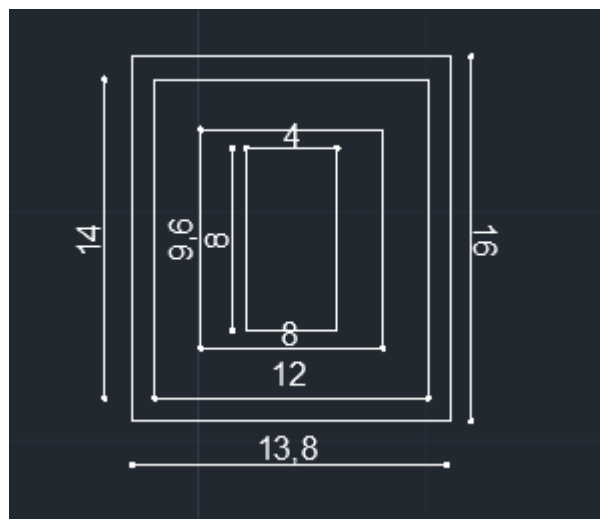
$$Ac = 224 \text{ m}^2$$

- **Volumen Laguna de Lixiviados:**

$$Vt = \frac{1}{3} \left[(Af + Ac) + \sqrt{(Af \times Ac)} \right] \times (H + Bl)$$

$$Vt = \frac{1}{3} \left[(24 \text{ m}^2 + 224 \text{ m}^2) + \sqrt{(24 \text{ m}^2 \times 224 \text{ m}^2)} \right] \times (2 \text{ m} + 0.4 \text{ m})$$

$$Vt = 257.1 \text{ m}^3$$



FUGURA No. 8-3: PLANTA DE LAGUNA DE LIXIVIADOS

Fuente: el autor

8.7. Diseño drenaje de aguas lluvias

8.7.1 Caudal pico de aguas lluvias

$$Q = C \times I \times A$$

Dónde:

C = Coeficiente de escorrentía (de acuerdo al POT de puente nacional)

I = Intensidad de lluvias (mm/h) (de acuerdo al POT de puente nacional)

A = Área superficial (m²) (área que la alcaldía de puente nacional tiene dispuesta para la ejecución del relleno sanitario)

$$Q = 0.35 \times 220.2 \frac{mm}{h} \times \frac{1 m}{1000 mm} \times \frac{1 h}{3600 seg} \times 30000. m^2$$

$$Q = 0.642 \frac{m^3}{seg}$$

8.7.2 Diseño por medio de la ecuación de Manning.

$$Q = \frac{A \times Rh^{2/3} \times S^{1/2}}{n}, Ecuación 1$$

Q= Caudal (m³/seg)

A: Área de la sección del canal (m²)

Rh: Radio hidráulico de la sección (m)

S: Pendiente longitudinal del canal

n: Coeficiente de rugosidad

El Radio hidráulico y la sección transversal se expresan en función de la altura del canal y del ángulo de inclinación del talud.

$$R = \frac{h}{2}, \text{Ecuación 2}$$

$$A = \frac{h^2 (2 - \operatorname{sen} \alpha)}{\cos \alpha}, \text{Ecuación 3}$$

Se sustituye la ecuación 2 y 3 en la ecuación 1 y se obtiene:

$$Q = \frac{1}{n} \times S^{1/2} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times \frac{h^2 (2 - \operatorname{sen} \alpha)}{\cos \alpha}, \text{Ecuación 4}$$

- Se calcula el h con la ecuación 4

$$0.64 \frac{m^3}{\operatorname{seg}} = \frac{1}{0.02} \times 0.002^{1/2} \times \left(\frac{h}{2}\right)^{2/3} \times \frac{h^2 (2 - \operatorname{sen} 30^\circ)}{\cos 30^\circ}$$

$$h = 0.71 \text{ m}$$

- Se calcula la sección transversal mediante la ecuación 3

$$A = \frac{h^2 (2 - \operatorname{sen} \alpha)}{\cos \alpha}$$

$$A = \frac{(0.71 \text{ m})^2 (2 - \operatorname{sen} 30^\circ)}{\cos 30^\circ}$$

$$A = 1.23 \text{ m}^2$$

- Cálculo de la base de fondo (b)

$$b = \frac{A}{h} - h \times \operatorname{tg} \alpha$$

$$b = \frac{1.23 \text{ m}^2}{0.71 \text{ m}} - 0.71 \text{ m} \times \operatorname{tg} 30^\circ$$

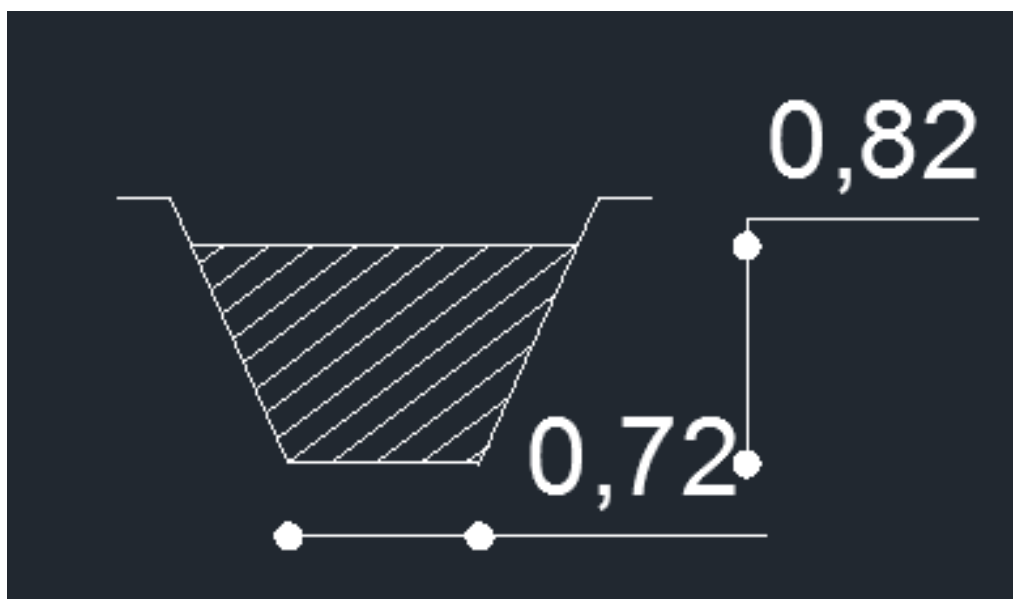
$$b = 0.72 \text{ m}$$

- Cálculo de la longitud del talud (l)

$$l = \frac{h}{\cos \alpha}$$

$$l = \frac{0,71 \text{ m}}{\cos 30^\circ}$$

$$l = 0,82 \text{ m}$$



FUGURA No. 8-4: CORTE TRANSVERSAL CANAL DE AGUAS LLUVIAS

Fuente: el autor

8.7.3 Drenaje de gases

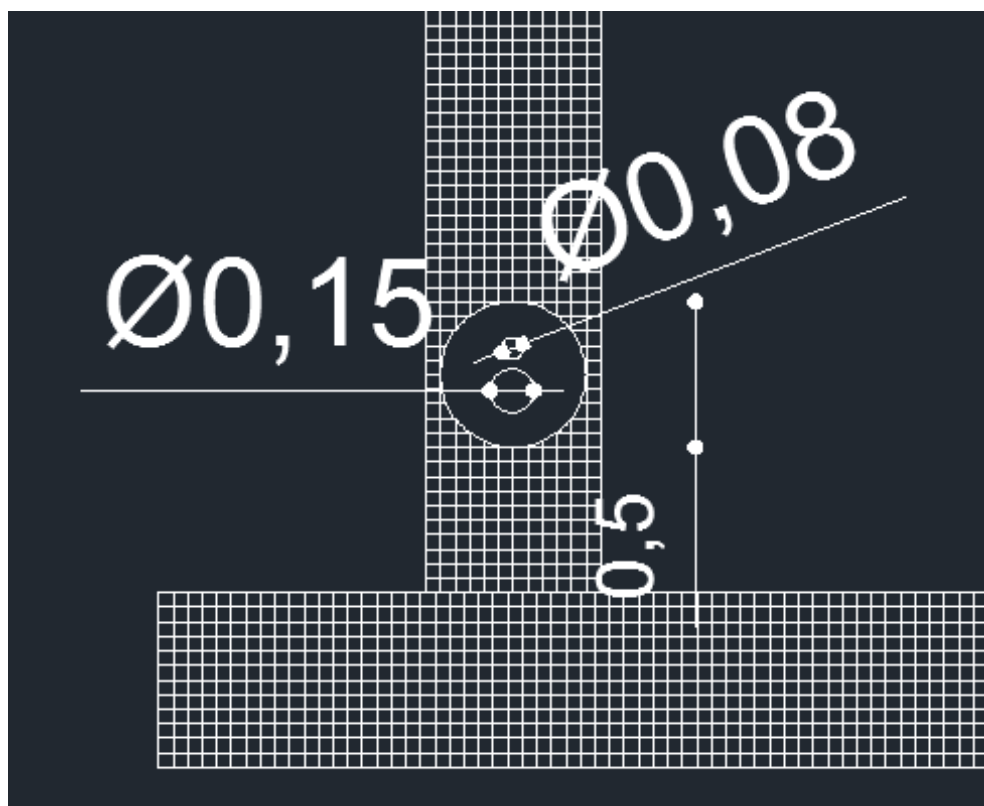
El drenaje está constituido por un sistema de ventilación de piedra o tubería perforada de concreto, el cual funciona como una chimenea o como tubo de ventilación las cuales cruzan todo el relleno en sentido vertical. Estas deben ir conectadas a los drenajes de lixiviado las cuales están ubicadas en el fondo y se proyectan hasta la superficie

La construcción de estas chimeneas se realizan verticalmente a medida que avanza el relleno, las dimensiones que se recomiendan son un diámetro de 0.30 a 0.60

metros y que la instalación se realice cada 20 o 50 metros, (RAS, F.6.4.4.4, numeral 2, literal a).

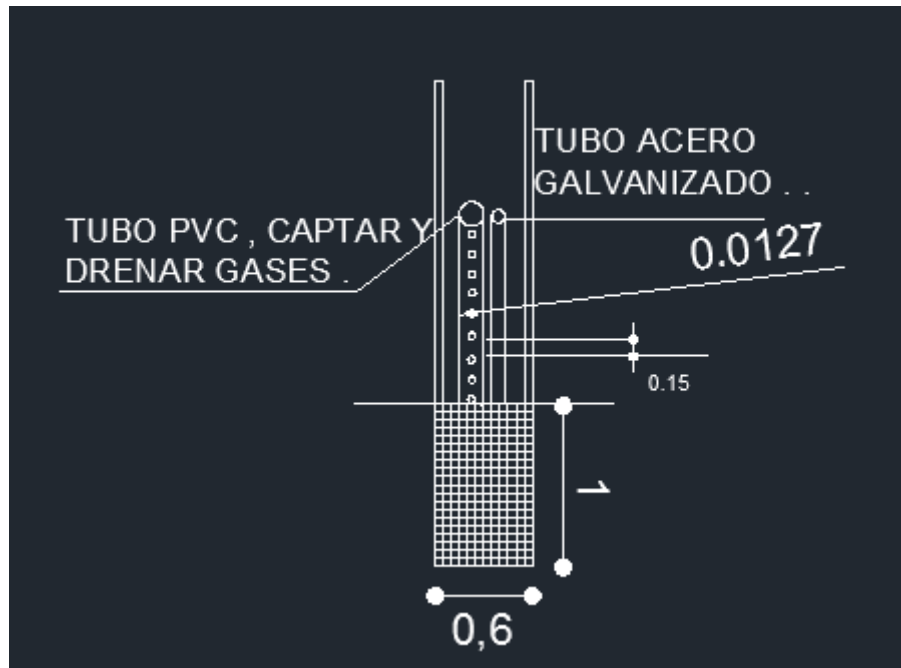
Las chimeneas tendrán una sección circular de 0.5 de diámetro ; construidas en gaviones con malla alambre galvanizado, rellenas en piedra media zonga con tamaños entre 4" y 6".

Por el eje de la chimenea se colocaran dos tubos, un tubo PVC perforado el cual permita captar y drenar los gases el cual será de 6" de diámetro (0.15m) perforada con orificios de $\text{Ø } 1/2''$ cada 0.15 m en toda su circunferencia y el segundo tubo en acero galvanizado de 3" de diámetro (0.075m) no será perforado con el fin de que el gas metano sea quemado a la salida, se dejara al final una caperuza metálica y un mechón para encender el gas a la salida del tubo.



FUGURA No. 8-5: PERFIL CHIMENEA

Fuente: el autor



FUGURA No. 8-6: DETALLE PERFIL TRANSVERSAL CHIMENEA

Fuente: el autor

ítem	actividad	descripción	unidad	cantidad	valor unitario	valor total
1	maquinaria y equipos					
1.1		picas	unidad	4	\$ 12,000.00	\$ 48,000.00
1.2		palas	unidad	4	\$ 12,000.00	\$ 48,000.00
1.3		carretillas	unidad	4	\$ 65,000.00	\$ 260,000.00
1.4		barras	unidad	3	\$ 12,000.00	\$ 36,000.00
1.5		azadón	unidad	2	\$ 16,000.00	\$ 32,000.00
1.6		rodillo manual compactador	unidad	4	\$ 22,000.00	\$ 88,000.00
2	equipo de seguridad					
2.1		botiquín	unidad	20	\$ 51,900.00	\$ 1,038,000.00
2.2		Extintor de incendios. kit 20 libras	kit	20	\$ 60,000.00	\$ 1,200,000.00
3	equipo de dotación personal					
3.1		casco	unidad	5	\$ 12,000.00	\$ 60,000.00
3.2		botas de seguridad	unidad	5	\$ 50,000.00	\$ 250,000.00
3.3		overoles	unidad	5	\$ 25,000.00	\$ 125,000.00
3.4		guantes de carnaza	unidad	20	\$ 10,000.00	\$ 200,000.00
4	instalaciones sanitarias					
4.1		tanque de almacenamiento eternit con capacidad de 1 m ³	unidad	1	\$ 138,000.00	\$ 138,000.00
4.2		tubería de conducción pvc 2"	m	50	\$ 14,100.00	\$ 705,000.00
4.3		válvula de paso 2"	unidad	1	\$ 130,000.00	\$ 130,000.00
4.4		duchas	unidad	1	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00
4.5		sanitarios	unidad	1	\$ 150,000.00	\$ 150,000.00

4.6		tanque séptico anaerobio 1 m ³	unidad	1	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00
5						
5.1	obra básica	Explanación, construcción de vía de 6 mt de ancho, en afirmado y obras de arte (cuneta de 1 mt de ancho, en tierra), señalización.	m	200	\$ 80,000.00	\$ 16,000,000.00
6						
6.1	relleno sanitario	Desmonte, descapote y limpieza del terreno. Excavación a 20 cm. de profundidad. Utilización de retroexcavadora con rendimiento de 60 m3/hora de trabajo.	m3	3296	\$ 8,000.00	\$ 26,368,000.00
6.2		excavación a maquina	m3	28500	\$ 4,500.00	\$ 128,250,000.00
6.3		retiro y disposición del material excavado	m2	6182.4	\$ 10,000.00	\$ 61,824,000.00
6.4		geo textil	m2	26801	\$ 2,000.00	\$ 53,602,000.00
7						
7.1	drenaje de lixiviado	tubería pvc ø 6"	ml	3800	\$ 18,000.00	\$ 68,400,000.00
7.2		tubería perforada pvc ø 4"	ml	3800	\$ 13,000.00	\$ 49,400,000.00
7.3		piedra media zonga ø = 4"-6"	m3	1520	\$ 45,000.00	\$ 68,400,000.00
7.4		taponos 4"	unidad	19000	\$ 1,420.00	\$ 26,980,000.00
7.5		geo textil	m2	1520	\$ 2,000.00	\$ 3,040,000.00
		concreto pobre para canal de las zanjas e=0.02	m3	30.4	\$ 210,000.00	\$ 6,384,000.00
8						
8.1	drenaje de gases	malla de alambre galvanizado	m	400	\$ 6,000.00	\$ 2,400,000.00
8.2		piedra media zonga ø = 4"-6"	m3	89.6	\$ 45,000.00	\$ 4,032,000.00
8.3		tubería pvc ø 6" perforado	ml	448	\$ 18,000.00	\$ 8,064,000.00
8.4		tubo de acero galvanizado ø 3"	ml	448	\$ 30,000.00	\$ 13,440,000.00

9	drenaje de aguas lluvias					
9.1		canal en concreto pobre e=0.05	m3	174	\$ 210,000.00	\$ 36,540,000.00
10	laguna de lixiviados					
10.1		excavación a maquina	m3	257.5	\$ 4,500.00	\$ 1,158,750.00
10.2		concreto 2500 psi e=0.05	m3	12.875	\$ 270,000.00	\$ 3,476,250.00
11	reservorio					
11.1		excavación a maquina	m3	690	\$ 4,500.00	\$ 3,105,000.00
11.2		concreto 2500 psi e=0.10	m3	50	\$ 270,000.00	\$ 13,500,000.00
					total	\$ 599,287,000.00

TABLAS No. 21: PRESUPUESTO TOTAL DEL RELLENO SANITARIO (OPERACIÓN 20 AÑOS)

ítem	actividad	descripcion	unidad	cantidad	valor unitario	valor total
1	maquinaria y equipos					
1.1						
1.2		picas	unidad	4	\$ 15,000.00	\$ 60,000.00
1.3		palas	unidad	4	\$ 15,000.00	\$ 60,000.00
1.4		carretillas	unidad	4	\$ 75,000.00	\$ 300,000.00
1.5		barras	unidad	3	\$ 12,000.00	\$ 36,000.00
1.6		azadón	unidad	2	\$ 16,000.00	\$ 32,000.00
1.7		rodillo manual compactador	unidad	2	\$ 22,000.00	\$ 44,000.00
2	equipo de seguridad					
2.1		botiquín	unidad	1	\$ 51,900.00	\$ 51,900.00

2.2		extintor de incendios. kit 20 libras	kit	1	\$ 60,000.00	\$ 60,000.00
3						
3.1	equipo de dotacion personal	casco	unidad	5	\$ 12,000.00	\$ 60,000.00
3.2		botas de seguridad	unidad	5	\$ 50,000.00	\$ 250,000.00
3.3		overoles	unidad	5	\$ 25,000.00	\$ 125,000.00
3.4		guantes de carnaza	unidad	10	\$ 10,000.00	\$ 100,000.00
4						
4.1	instalaciones sanitarias	tanque de almacenamiento eternit con capacidad de 1 m ³	unidad	1	\$ 138,000.00	\$ 138,000.00
4.2		tubería de conducción pvc 2"	m	50	\$ 14,100.00	\$ 705,000.00
4.3		válvula de paso 2"	unidad	1	\$ 130,000.00	\$ 130,000.00
4.4		duchas	unidad	1	\$ 15,000.00	\$ 15,000.00
4.5		sanitarios	unidad	1	\$ 230,000.00	\$ 230,000.00
4.6		tanque séptico anaerobio 1 m ³	unidad	1	\$ 400,000.00	\$ 400,000.00
5						
5.1	obra basica	explanación, construcción de vía de 6 mt de ancho, en afirmado y obras de arte (cuneta de 1 mt de ancho, en tierra), señalización.	m	120	\$ 80,000.00	\$ 9,600,000.00
6						
6.1	relleno sanitario	desmante, descapote y limpieza del terreno. excavación a 20 cm. de profundidad. vol.: 300 m ³ . utilización de retroexcavadora con rendimiento de 60 m ³ /hora de trabajo.	m ³	257.76	\$ 8,000.00	\$ 2,062,080.00
6.2		excavación a maquina	m ³	3865.6	\$ 4,500.00	\$ 17,395,200.00
6.3		retiro y disposición del material excavado	m ²	386.64	\$ 10,000.00	\$ 3,866,400.00

6.4		geo textil	m2	1288.88	\$ 2,000.00	\$ 2,577,760.00
7						
7.1	drenaje de lixiviado	tubería pvc ø 6"	ml	190	\$ 18,000.00	\$ 3,420,000.00
7.2		tubería perforada pvc ø 4"	ml	190	\$ 13,000.00	\$ 2,470,000.00
7.3		piedra media zonga ø = 4"-6"	m3	76	\$ 45,000.00	\$ 3,420,000.00
7.4		taponés 4"	unidad	950	\$ 1,420.00	\$ 1,349,000.00
7.5		geo textil	m2	76	\$ 2,000.00	\$ 152,000.00
7.6		concreto pobre para canal de las zanjas e=0.02	m3	1.52	\$ 210,000.00	\$ 319,200.00
8						
8.1	drenaje de gases	malla de alambre galvanizado	m	20	\$ 6,000.00	\$ 120,000.00
8.2		piedra media zonga ø = 4"-6"	m3	4.48	\$ 45,000.00	\$ 201,600.00
8.3		tubería pvc ø 6" perforado	ml	22.4	\$ 18,000.00	\$ 403,200.00
8.4		tubo de acero galvanizado ø 3"	ml	22.4	\$ 30,000.00	\$ 672,000.00
9						
9.1	drenaje de aguas lluvias	canal en concreto pobre e=0.05	m3	8.7	\$ 210,000.00	\$ 1,827,000.00
10						
10.1	laguna de lixiviados	excavación a maquina	m3	257.5	\$ 4,500.00	\$ 1,158,750.00
10.2		concreto 2500 psi e=0.05	m3	12.875	\$ 270,000.00	\$ 3,476,250.00
11						
11.1	reservorio	excavación a maquina	m3	690	\$ 4,500.00	\$ 3,105,000.00
11.2		concreto 2500 psi e=0.10	m3	50	\$ 270,000.00	\$ 13,500,000.00
total						\$ 73,892,340.00

TABLAS NO. 22: PRESUPUESTO INICIAL DE CONSTRUCCIÓN PARA 1 AÑO DE FUNCIONAMIENTO

ITEM	ACTIVIDAD	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	COBERTURA FINAL	Capa de arcilla compactada h = 0,25 m	m ³	20	\$ 20,000.00	\$ 400,000.00
1.1		Geomembrana polietileno 20 Mils	m ²	60	\$ 3,600.00	\$ 216,000.00
1.2		Material franco-arenoso h=0,10 m	m ³	10	\$ 25,000.00	\$ 250,000.00
1.3		Empradización. Prado San Agustín	Bulto	6	\$ 20,000.00	\$ 120,000.00
2	REFORESTACION	Cerco natural en jazmín del embarcadero de 1.20 m de altura	Unidad	20	\$ 6,000.00	\$ 120,000.00
3	CONTRATACION MANO DE OBRA	Operario fijo (salario integral)	Persona	4	\$ 658,000.00	\$ 2,632,000.00
3.1		Asesor de obra, control y seguimiento	Persona	1	\$ 1,000,000.00	\$ 1,000,000.00
3.2		Celador de horario Nocturno (salario integral)	Persona	1	\$ 658,000.00	\$ 658,000.00
4	OTROS COSTOS DE OPERACIÓN	Dotación (incluye overol, guantes, botas de cuero, delantal, gorra, gafas de seguridad, mascarilla).	Unidad	5	\$ 30,000.00	\$ 150,000.00
4.1		Capacitación al personal sobre Seguridad e Higiene Industrial	Unidad	5	\$ 30,000.00	\$ 150,000.00
4.2		Pago de servicios públicos	Global	1	\$ 200,000.00	\$ 200,000.00
4.3		Recolección y transporte al sitio de disposición final.	global	1	\$ 2,000,000.00	\$ 2,000,000.00
					TOTAL	\$ 7,896,000.00

TABLAS NO. 23: GASTOS DE OPERACIÓN MENSUAL

9. Alternativas para el aprovechamiento y la disposición final de los residuos sólidos.

En el área urbana del municipio de Puente Nacional es muy importante tener en cuenta la existencia de un manejo integral actual de los residuos ejecutado desde el Para determinar el sistema de procesamiento y disposición final de los residuos generados desde el año 2000 han arrojado buenos resultados en términos de cultura de la población, mitigación de los impactos ambientales generales con el sistema de clasificación en la fuente, aprovechamiento de orgánicos y disposición final existentes, cumpliendo así con el esquema de decisión de alternativas de manejo integral de los residuos sólidos.

Con el objetivo de optimizar la disposición final de residuos sólidos implantados en el municipio de Puente Nacional a continuación se evalúan las diferentes alternativas de disposición final.

9.1. Reciclaje.

El reciclable es por ley una prioridad muy importante a tratar en el tema de una buena gestión integral de residuos sólidos, además de ser una alternativa viable técnica, ambiental y financiera. Por la anterior razón y en cumplimiento al decreto 1713 del 2002 y la resolución 1045 del 2003, es de carácter obligatorio la organización e incorporación de las personas que actualmente realizan esta labor en sitios como el relleno sanitario para ser reincorporados en programas de manejo integral en el componente reciclable, siempre y cuando se demuestre la capacidad y viabilidad de este programa

9.1.1 Conceptos básicos para el dimensionamiento de una bodega de reciclaje

A nivel del municipio, la recuperación de materiales reciclables abarca los siguientes aspectos:

Clasificación de los residuos sólidos por tipos (orgánicos, reciclables y no recuperables) a nivel de viviendas por parte de la población.

Incorporación de refuerzos en campañas educativas y de capacitación a la comunidad.

Creación de una organización (cooperativa) encargada de recibir los materiales reciclables, complementar la clasificación, empacar los materiales y enviarlos a los centros de comercialización (Puente Nacional, Monquirá o Bucaramanga). Dicha cooperativa debe contar con una junta que administre los recursos humanos y económicos requeridos para la ejecución de sus actividades.

Se debe contar con una bodega cuyo volumen sea suficiente para almacenar los materiales reciclables acumulados hasta de dos meses, antes de comercializarlos.

Contar con asesoría y capacitación permanente y pertinente.

Para la evaluación del dimensionamiento actual de la infraestructura física de la bodega de recuperación de materiales reciclables se consideró la cantidad y tipo de materiales a recuperar así como los requerimientos de almacenamiento y transporte de estos hasta los sitios de comercialización.

Para determinar las cantidades de materiales a reciclar se tomó en cuenta los resultados de la caracterización física de los residuos presentada en capítulos anteriores.

COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS PUENTE NACIONAL	
organico	68%
papel	8%
vidrio	1%
Carton	9%
polietileno	5%
tela	0%
residuos sanitarios	4%
latas	2%
otros	3%

TABLAS No. 24: COMPOSICION FISICA DE LOS RESIDUOS PUENTE NACIONAL

Teniendo en cuenta que para el presente año el municipio de Punete Nacional produce 4474 (kg/día) de residuos sólidos.

Cantidad de residuos sólidos producidos semanalmente (DS):

DS: 4474(kg/día)*7 días

DS: 31318 Kg

Cantidad de residuos sólidos producidos (kg /semana)		
organico	68%	21296.24
papel	8%	2505.44
vidrio	1%	313.18
Carton	9%	2818.62
polietileno	5%	1565.9
tela	0%	0
residuos sanitarios	4%	1252.72
latas	2%	626.36
otros	3%	939.54

TABLAS NO. 25: CANTIDAD DE RESIDUOS SÓLIDOS PRODUCIDOS (KG/SEMANA)

- Materiales reciclables: papel, vidrio, cartón, plástico y metales.

Total material reciclable: 7829.5 (Kg/semana)

Es importante tener en cuenta que los materiales reciclables corresponden al 25% del total de residuos sólidos generados en el municipio y la cantidad de estos materiales corresponden a un peso promedio de 7829.5 Kg./semana; se estima que del 100% del total de materiales reciclables, sólo es posible aprovechar el 80% y que el 20% restante no se pueden recuperar por lo que serán denominados rechazos debido a que presentan contaminación con otros materiales presentes en los residuos y en consecuencia no pueden ser comercializados; los rechazos se disponen finalmente en el relleno sanitario.

La edificación del sistema de recuperación de materiales reciclables debe considerar como mínimo los siguientes aspectos:

El área mínima de almacenamiento para el material separado debe tener la capacidad para dos meses.

La unidad de aprovechamiento debe contar con el diseño de las obras de drenaje para el control de las aguas de escorrentía e infiltración.

Los lugares de almacenamiento deben salvaguardar las características físicas y químicas de los residuos sólidos allí depositados.

Se debe dotar a la bodega de un área para la descarga de materiales reciclables, un área para su selección y un área para el empaque y almacenamiento de cada uno de los tipos de materiales seleccionados. Además se debe disponer de un área para el depósito temporal de los materiales no recuperables o rechazos del sistema.

Construir una oficina donde funcione la cooperativa encargada de la comercialización de los materiales.

La edificación debe contar con instalaciones sanitarias para uso exclusivo de los trabajadores, instalaciones y equipos que permitan mantener condiciones higiénicas y de seguridad (extintores, sistema contra incendios, etc.).

Instalar una cerca o portón de seguridad con el fin de impedir el ingreso a la bodega de personal ajeno en el área de las actividades de recuperación de materiales.

Para el desarrollo de las actividades de recuperación de materiales es indispensable herramientas de trabajo como (alambre, guantes, sacos de fique), dotación así como de una báscula para el pesaje de los materiales y una prensa hidráulica para empaque de papel.

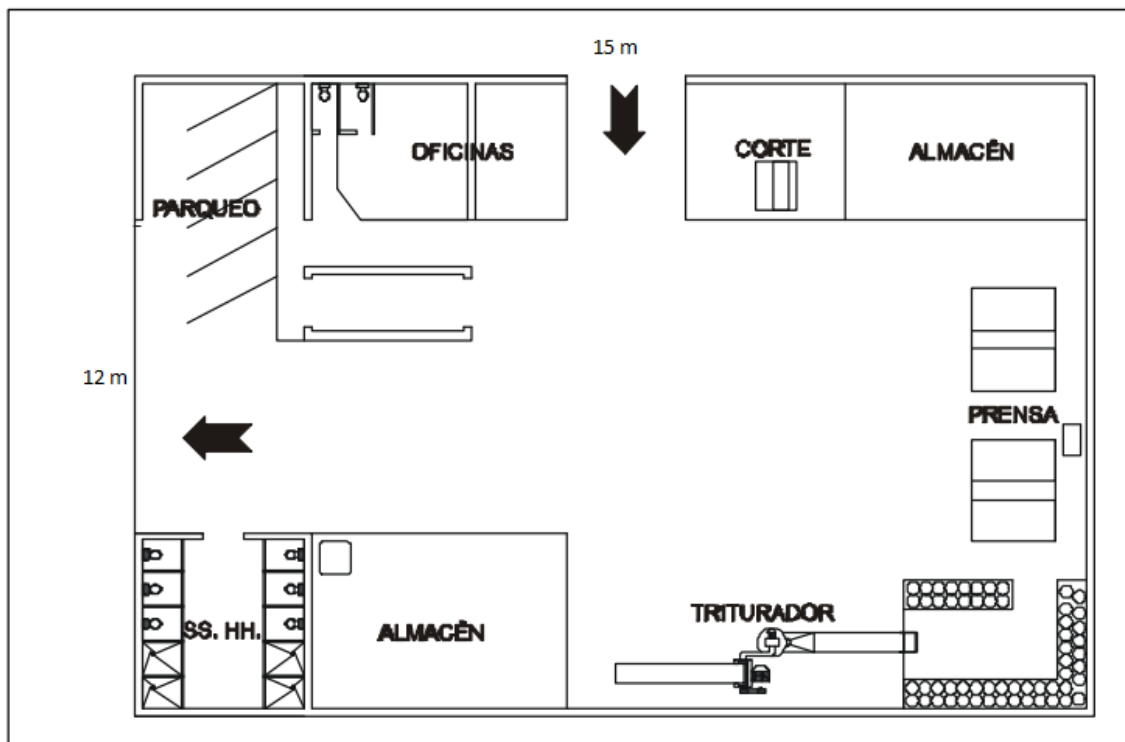


FIGURA No. 9-1 BODEGA DE RECICLAJE

Fuente: el autor

9.1.2 Costos asociados al montaje, puesta en marcha y operación del sistema de recuperación de materiales reciclables

Para el análisis de costos se tomó en cuenta el valor de los productos reciclables comercializados, lo cual representa una fuente de ingresos para el proyecto.

material	deposito "los cuellar", monquirá (*)	depósitos de cooperativas de recicladores, bucaramanga
	costo unitario (\$/kg)	costo unitario (\$/kg)
papel y carton	200	230
vidrio	150	120
plastico	150	135
metal (aluminio, hierro, cobre y bronce)	2000	2000
otros desechos: hueso, tela, aparatos etc	80	100

TABLAS NO. 26: PRECIOS DEL MATERIAL RECICLABLE EN BODEGAS DE LA REGIÓN

ESTIMACIÓN DE INGRESOS MENSUALES POR COMERCIALIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES.					
año	cartón (\$/mes)	vidrio (\$/mes)	plástico (\$/mes)	metal (\$/mes)	total ingresos al mes (\$/mes)
2015	2,593,130.4 0	187,908.00	939,540.00	5,010,880.0 0	8,731,458.40

TABLAS No. 27: ESTIMACIÓN DE INGRESOS MENSUALES POR COMERCIALIZACIÓN DE MATERIALES RECICLABLES.

9.1.3 Análisis de costos para la incorporación y operación de la bodega de reciclaje en el municipio de Puente Nacional.

Teniendo en cuenta el volumen de material a reciclar y las características necesaria para la operación de la bodega de reciclaje se propone el siguiente diseño:

A continuación se presentan detalladamente los costos asociados al montaje, puestas en marcha y operación del sistema de clasificación de materiales reciclables.

Es de resaltar que la inversión será necesaria en el comienzo, los costos de operación serán desde el primer mes de funcionamiento y que los ingresos por concepto de la venta del material pueden ser inicialmente poco significativos debido a que la producción no se encuentra estandarizada por la falta de eficiencia al momento de la clasificación en la fuente; será necesario entonces aplicar el refuerzo de la campaña de educación y aplicar estrategias disciplinarias para que los usuarios aumenten la eficiencia en la separación de los residuos en la fuente.

Etapa 1. estudios, construcción y adquisición de maquinaria

#	actividad	descripción	unidad	Cantidad	valor unitario \$	valor total \$
1	elaboración de estudios de diseño	no se requieren	global	0		0
2	permisos ambientales	no se requiere	global	0		0
3	construcciones					
	- compra de predio	propiedad del municipio de puente nacional	ha.	0.5	0	0
	- construcción de la bodega de reciclaje	incluye zapatas , vigas , columnas placa de contrapiso (50 m2)	global	1	90,000,000	90,000,000
4	adquisición de equipo y maquinaria.	- báscula. capacidad 1 ton.	unidad	1	1,500,000	1,500,000
		- báscula. capacidad 100 kg.	unidad		50	50
		- prensa hidráulica.	unidad	1	400	400
total costos etapa 1.						91,950,000

TABLAS NO. 28: ETAPA 1. ESTUDIOS, CONSTRUCCIÓN Y ADQUISICIÓN DE MAQUINARIA

Etapa 2. operación mensual

#	actividad	descripción	unidad	Requerimiento mensual promedio	costo mensual (\$)	costo total (\$)
1	adquisición de materiales y costos de operación	- alambre y sacos de fibra	global	1	80	80
		- recolección y transporte del material reciclable dentro del municipio hasta la bodega ubicada en la planta de aprovechamiento	global	10	100	1,000,000
		- transporte de materiales reciclables para la venta: no es requerido	viaje	0	0	0
		- dotación (incluye overol, guantes, botas de cuero, delantal, gorra, gafas de seguridad, mascarilla).	global	4	30	120
			global	1	300	300
		- campañas educativas radiales y escrita	global	1	80	80
2	pago mano de obra:	- operadores fijos para la actividad de recolección, separación, embalaje y almacenamiento del material reciclable (salario integral)	personas	3	658	1,974,000
Total costos etapa 2.						3,554,000

TABLAS NO. 29: ETAPA 2. OPERACIÓN MENSUAL

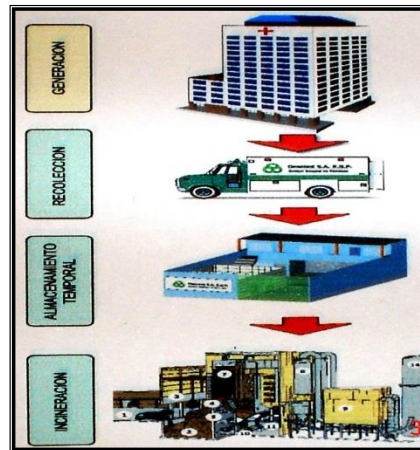
9.2. Incineración

Hoy en día la incineración está contemplada como un proceso totalmente aceptado y necesario para la eliminación de cierto tipo de residuos , especialmente los hospitalarios .En si se trata de un proceso térmico , a realizar en una o varias etapas mediante aporte de aire y altas temperaturas , transformada materiales sólidos en un conjunto de gases producto final de combustión que fundamentalmente se componen de CO₂, N₂, H₂O, Y O₂.Como producto de la incineración se obtiene una escoria que rara vez será el 6 % de la cantidad del residuo incinerado.

9.2.1 Tipos de desechos:

Los desechos infecciosos de baja densidad, tales como muchos materiales plásticos, son más adecuados para la esterilización a vapor, los desechos de alta densidad como partes grandes de cuerpos y cantidades grandes de material animal o de fluidos debería considerarse el método de la incineración.

En el municipio de Puente Nacional cuenta con la disposición final de residuos especiales, la está realizando la empresa Desconté, en donde son asesorados para la adecuada entrega de los residuos; no sin antes pensar en un adecuado almacenamiento, puesto que la frecuencia de recolección es de una vez al mes para los establecimientos como droguerías, consultorios médicos, laboratorios clínicos, consultorios odontológicos y veterinarias como se puede observar a continuación:



FUGURA No. 9-2 ILUSTRACION CICLO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS

Fuente Descont S.A.

Descont S.A ESP cuenta con una estación de transferencia ubicada en la zona industrial de Chimitá Santander recientemente remodelada y reestructurada para tener un mayor control de los aspectos operativos, técnicos y ambientales sobre el lugar.

El sistema de disposición final empleado por esta empresa es la incineración. Esta empresa no posee directamente estos equipos, sin embargo cuentan con alianzas estratégicas con el grupo “Outsourcing” quienes si tienen los sistemas de tratamiento de los residuos hospitalarios; las empresas inscritas en este grupo son:

Aseo urbano S.A ESP (Cúcuta)

Eco entorno Ltda (Bogotá)

REII (Bogotá)

Teniendo en cuenta el sitio dispuesto para la disposición final de los residuos sólidos y que la incineración es un proceso muy costoso, con un gran impacto ambiental y que tiene un tratamiento especial, no sería la mejor alternativa para el tratamiento de los residuos sólidos en el municipio de Puente Nacional; Además el servicio prestado por la empresa Descont S.A. ha sido el adecuado y no ha presentado quejas ni inconformidades.

9.3. Reducción mecánica del volumen (compactación)

El municipio de Puente Nacional actualmente cuenta con 3 volquetas como se menciona anteriormente, estas tienen la tarea de transportar los residuos sólidos hasta el relleno sanitario de San Gil. Por las características de estas, ellas no tienen la capacidad de compactar los desechos consecuentemente el costo del transporte y del almacenamiento de la disposición final de los residuos sólidos es mucho más alto.

Teniendo en cuenta lo anterior la reducción del volumen es un factor importante en el desarrollo y operación de casi todos los sistemas de manejo de desechos sólidos. En la mayoría de las ciudades, se utilizan vehículos equipados con mecanismos de compactación para la recolección de desechos sólidos. Para aumentar la vida útil de los rellenos sanitarios, generalmente se compactan los desechos antes de cubrirlos; el papel para recirculación se embala para el embarque a los centros de Procesado.

9.3.1 Vehículos recolectores

Los vehículos recolectores de entidades prestadoras del servicio de aseo y en general, cualquier vehículo que realice la recolección, deben de cumplir con las siguientes características de acuerdo al decreto 2981 del 20 de diciembre de 2013, emanado del ministerio de vivienda, ciudad y territorio:

- Los vehículos deben ser estancos, es decir, no permitir el escape de líquidos, sólidos o gases concentrados dentro del mismo.
- La salida del exhosto debe estar hacia arriba y por encima de su altura máxima, cumplir con las normas establecidas por la autoridad ambiental competente y ajustarse a los requerimientos del tránsito.

- Los vehículos con caja compactadora, deberán tener un sistema de compactación que pueda ser detenido en caso de emergencia.
- Las cajas de los vehículos destinados a la recolección y transporte de los residuos sólidos, deberá ser cerrada de manera que impida la pérdida del líquido (lixiviado), y contar con un mecanismo automático que permita una rápida acción de descargue.
- Los equipos destinados a la recolección de residuos, deberán tener estribos adecuados para que el personal pueda acceder a la tolva de carga segura y deberán tener superficie antideslizante.
- Los equipos deberán efectuar el cargue y descargue de los residuos almacenados en las cajas cerradas y abiertas rápidamente, evitando al máximo la dispersión de la basura y la emisión de polvos.
- Deberán estar diseñados de forma que no se permita el esparcimiento o pérdida de basura durante el recorrido.
- Dentro de los vehículos, los residuos deberán estar cubiertos dentro del transporte, de manera que se reduzca al mínimo el contacto con la lluvia y el viento y se evite el impacto visual.
- Las dimensiones de los vehículos, deberán corresponder a la capacidad de las vías públicas.
- Fomentar la seguridad ocupacional de los conductores y operarios.
- Deberán estar dotados de equipos contra incendios y accidentes.
- Deberán estar dotados de dispositivos que minimicen el ruido, especialmente aquellos utilizados en la recolección de residuos en zonas residenciales y en las vecindades de hoteles, hospitales, centros asistenciales e instituciones similares.
- Deberán estar provistos de equipos de radiocomunicaciones, que utilizarán para la operación en los diferentes componentes del servicio.

- Deberán estar claramente identificados (color, logotipos, número de identificación, etc.).

Un vehículo compactador con una capacidad de 8m³ cuesta alrededor de \$170.000.000.00. Este tiene la facultad de reducir el volumen hasta un 80% dependiendo del tipo de material que en este se incluya.

9.3.2 Gastos de operación

ítem	Operación y mantenimiento anual del compactador	
combustible	\$	50,000,000.00
lubricantes	\$	7,000,000.00
accesorios	\$	2,500,000.00
repuestos	\$	8,000,000.00
reparacion vehiculo	\$	15,000,000.00
llantas	\$	252,000.00
reparacion llantas	\$	650,000.00
Otros	\$	2,000,000.00
total	\$	85,402,000.00

TABLAS NO. 30: GASTOS DE OPERACIÓN

10. Viabilidad

Teniendo en cuenta que anteriormente se evaluaron las diferentes alternativas de recolección y que la Administración del municipio de Puente Nacional nos proporcionó los siguientes datos, se procedió a realizar la viabilidad del proyecto.

10.1. Ingresos por venta de abono orgánico año 2014.

cantidad (kg)	valor unitario	venta año 2014
600	3000	\$ 1,980,500.00
total		\$ 1,980,500.00

10.2. Costo anual (2014) por disposición final de residuos sólidos.

COMPONENTE	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO (\$)
Recolección y transporte al sitio de disposición final.	\$ 176,825,100.00
Barrido y limpieza	\$ 38,122,300.00
Disposición final	\$ 43,817,665.00
TOTAL	\$ 258,765,065.00

TABLAS NO. 31: COSTO ANUAL (2014) POR DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS.

10.2.1 Costos unitarios por componente:

10.2.1.1. Costo unitario anual de recolección y transporte al sitio de disposición final:

$$CURTDF(\$ / ton) = \frac{CRT_{DF}}{RSI(anual)}$$

$$= \frac{176.825.100 \text{ \$/año}}{744.77 \text{ Ton / anual}}$$

$$= 237422.42 \text{ \$/ton}$$

10.2.1.2. Costo unitario anual de barrido y limpieza:

$$CURTDF(\$ / Km) = \frac{CBL}{LB * 12}$$

$$= \frac{38'923.344}{249,12 \text{ Km. / mes} \times 12}$$

$$= \mathbf{12752.3 \text{ \$/Km.}}$$

10.2.1.3. Costo unitario anual de disposición final:

$$CUDF(\$ / ton) = \frac{CDF}{RSD(anual)}$$

Para el caso, la formula mencionada aplicada al municipio de Puente Nacional modifica el RSD por el RSI, debido a que el material inerte y el reciclable se está disponiendo al relleno en su totalidad actualmente:

$$= \frac{43.817.665}{744.77 \text{ ton}}$$

$$= \mathbf{58833.82 \text{ \$/ton}}$$

10.2.2 Evaluación

La viabilidad del proyecto se realizó de la siguiente manera: se evaluaron impactos ambientales, sociales y económicos como se muestra a continuación:

Indicadores

<p>1. impacto ambiental 25%</p> <p>temporal: es aquel impacto cuya magnitud no genera mayores consecuencias y permite al medio recuperarse en el corto plazo hacia su línea de base original.</p>	25%
<p>reversible: el medio puede recuperarse a través del tiempo, ya sea a corto, mediano o largo plazo, no necesariamente restaurándose a la línea de base original.</p>	20.00 %
<p>persistente: las acciones o sucesos practicados al medio ambiente son de influencia a largo plazo, y extensibles a través del tiempo. ejemplo: derrame o emanaciones de ciertos químicos peligrosos sobre algún biotopo.</p>	7.50%
<p>irreversible: es aquel impacto cuya trascendencia en el medio, es de tal magnitud que es imposible revertirlo a su línea de base original. ejemplo: minerales a tajo abierto.</p>	0%
<p>2. impacto social 25%</p> <p>bueno: no genera mayores consecuencias de olor, mosquitos y genera empleo.</p>	25%
<p>regular: genera inconformidades a algunos de los habitantes del municipio de puente nacional.</p>	20%
<p>malo: produce malos olores, mosquitos y no genera empleos.</p>	10%
<p>3. impacto economico 50%</p>	

	145
bueno :si disminuye el gasto actual de disposición de residuos >40%	50%
regular: si disminuye el gasto actual en un $20 < x < 40\%$	30%
malo : si disminuye el gasto actual en un $x < 10\%$	10%
deficiente: si no disminuye el gasto actual.	0%

TABLAS NO. 32: INDICADORES

En la evaluación económica únicamente se tuvo en cuenta la viabilidad frente al sistema que actualmente se está implementado, ya que no fue posible obtener información sobre cuáles son los ingresos que genera este sistema en el municipio de Puente Nacional.

Se realizó un cuadro comparativo evaluando las posibles alternativas:

EVALUACION DE ALTERNATIVAS					
ESTUDIO DE VIABILIDAD DEL RELLENO SANITARIO Y PLANTAS DE PROCESO DE RESIDUOS SOLIDOS DEL MUNICIPIO DE PUENTE NACIONAL (SANTANDER).					
requisitos					
	sistema actual	relleno sanitario	planta de reciclaje	incineracion	compactacion
inversion inicial	n/a	\$ 73,892,340	\$ 91,950,000	n/a	\$ 170,000,000
gastos de operaci3n mensual	\$ 18,386,897.08	\$ 10,086,000	\$ 3,554,000	n/a	\$ 9,116,833
% en el que financieramente reducir3a gastos	n/a	55%	n/a	n/a	50%
periodo de dise1o (a1os)	depende de la vida 3til del relleno sanitario.	20.00	20.00	n/a	10.00
abastece al 100% de la poblacion urbana del municipio de puente nacional	cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
el sitio de disposicion final esta ubicado a un adistancia menor de 20 km del casco urbano del municipio de	no cumple	cumple	cumple	cumple	cumple

puente nacional.						
el area requerida es menor de 3 hectareas.		cumple	cumple	cumple	cumple	cumple
observaciones			sera útil para el 100% de los residuos sólidos.	solo se podría reciclar el 20% de los residuos inertes	el terreno dispuesto para la disposición final de los residuos no permite la incineración.	únicamente se puede reducir el volumen de los residuos hasta un 60%.
Calificación						
evaluación de propuestas	impacto ambiental 25%	25	20	25	8	25
	impacto social 25%	25	20	25	20	15
	impacto economico 50%	0	50	n/a	n/a	50
Totales			90.00	50.00	27.50	90.00

TABLAS No. 33: EVALUACION DE ALTERNATIVAS

De acuerdo a lo anterior los sistemas viables para la recolección y almacenamiento de los residuos sólidos del municipio de Puente nacional serian la compra de un vehículo compactador o el relleno sanitario.

11. Conclusiones

Debido al número de habitantes y el volumen de residuos generados se diseñó un relleno sanitario de tipo manual creando empleo directamente a cinco personas. Adicionalmente este relleno permitirá que los residuos que antes eran enviados al Relleno sanitario de PIRIGUA en Tunja Boyacá, sean dispuestos dentro del municipio, generando un ahorro de aproximadamente el 80% en transporte y 50% en el pago que se realiza al botadero actual. El municipio y su población se verán beneficiadas con el relleno diseñado a 20 años y con una posibilidad de expansión, la inversión realizada para la construcción del relleno será menor que los gastos generados por el transporte y disposición en PIRIGUA en Tunja Boyacá.

Después del análisis de las variables para el micro-ruteo se determinó la ruta óptima para la recolección de los residuos en el municipio, con el fin de disminuir tiempos y por ende costos en la ruta que en el momento se viene realizando empíricamente.

Se llevó a cabo la caracterización de los residuos y como resultado del estudio se concluyó que el 68% de los residuos generados en Puente Nacional son orgánicos por lo cual, con la ayuda de los habitantes del municipio son recolectados y enviados a la planta de compostaje.

Se evaluaron las diferentes alternativas para la recolección y disposición final de los residuos sólidos en donde finalmente se encontró que las alternativas viables son el relleno sanitario y la compactación por medio de un camión compactador.

De acuerdo a la evaluación de la incineración se determinó que no es un sistema viable, ya que el lugar que está destinado para la disposición final de los residuos sólidos a

tiene ubicado un eco parque en sus alrededores por lo que el impacto ambiental que produce no es adecuado y no será permitida su implementación.

Se realizó la evaluación de la planta de reciclaje en donde de acuerdo al cuarteo realizado se determinó que esta contribuiría al sistema en un 20 %, pero el 80% restante tendría que ser destinado a el relleno sanitario de San gil, por lo cual no sería viable en estas circunstancias.

Se realizó la evaluación de la compactación y se encontró que sería una muy buena opción tanto ambiental ,social y económicamente ya que se podría disminuir el volumen de los residuos hasta en un 80%, pero hay que tener en cuenta que la vida útil de los vehículos compactadores es menor que la de un relleno sanitario haciendo casi la misma inversión , además hay que tener en cuenta que el municipio de Puente Nacional continuaría con la dependencia de los rellenos sanitarios de otra región por lo que tendría que acogerse a cualquier modificación técnica como ambiental .

Finalmente se pudo concluir que el sistema que cumple con todas las exigencias y además al más viable es el relleno sanitario.

Se evaluó el actual sistema de gestión de residuos sólidos, en donde encontramos que la planta de compostaje presenta muchas falencias técnicas y económicas si no que por el contrario genera gastos para el municipio, por lo que sería una buena opción retomar las directrices con las que se está ejecutando.

12. Recomendaciones

Gestionar por parte del municipio los recursos necesarios para que se desarrolle el relleno sanitario, el cual puede llegar a tener un costo aproximado de \$600.000.000, esto sin dejar de tener en cuenta las especificaciones con las que fueron realizados cada uno de los diseños encaminados a mejorar la situación actual del manejo de residuos sólidos en el municipio.

Crear una bodega de reciclaje en el municipio con la organización de una asociación de recicladores, para poder comercializar los residuos aprovechables de una manera ordenada y productiva.

Tener en cuenta que la mano de obra generada por este plan, sea contratada a personas de la región que puedan dar y recibir un beneficio, como madres cabeza de hogar o personas discapacitadas.

Con respecto a la planta de compostaje se recomienda realizar un estudio en el cual se puedan determinar cuáles son las falencias que se están presentando, ya que económicamente esta no ha sido viable ; generando gastos al municipio .Como una alternativa para mejorar los ingresos de la planta de compostaje: se podría realizar la ampliación y regionalización de la misma.

Tener en cuenta que en los presupuestos realizados en el presente proyecto no se incluyeron los estudios y licencias necesarias para la ejecución de cualquiera de las alternativas.

13. BIBLIOGRAFIA

Alvarez Ruiz, F. (s.f.). *Ingenieria de valorizacion y tratamiento de residuos*. Barcelona, España: Fundacion Universitaria Iberoamericana.

Collazos Peñaloza, H. (2008). *Diseño y operacion de rellenos sanitarios*. Bogota: Escuela Colombiana de Ingenieria.

Collazos Peñaloza, H., & Duque Muñoz, R. (1998). *Residuos solidos*. Bogota: ACODAL.

Fundacion mejor calidad de vida. (2012). *Guia de lombricultura*. Bogota: JAS.

Guerrero Carolina. SITUACIÓN DE LA DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

-Diagnóstico 2010

Jaramillo, J. (2002). *Guia para el diseño construccion y operacion de rellenos sanitarios manuales*. Antiquia, Colombia: Centro panamericano de ingenieria sanitaria y ciencias del ambiente CEPIS.

Ministerio del medio ambiente, Colombia. (2002). *Rellenos sanitario, Guia ambiental*. Bogota: Fotolito America.