



**PROPUESTA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL RELLENO
SANITARIO LOS GUAYACANES DEL MUNICIPIO DE TARSO ANTIOQUIA**

**PAULA ANDREA MUÑOZ ARROYAVE
JULIÁN ANDRÉS MURIEL LÓPEZ**

DIRECTOR:

YESSENIA VILLAMIZAR JAIMES

Tecnológico de Antioquia
Institución Universitaria
Ingeniería ambiental
Medellín, Colombia.
2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres, hermanas por ser un Pilar importante en mi vida y gran motivación, a mi esposo por su apoyo incondicional y acompañamiento permanente para hacer de este sueño una realidad.

Paula Muñoz

Hago este reconocimiento especial a mi madre y hermanos quienes son mi fuente de inspiración para crecer en mi vida profesional.

Julián Muriel

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos principalmente a Dios por permitirnos culminar esta etapa de nuestra vida profesional.

Los más sinceros agradecimientos a nuestras familias por su apoyo moral, económico y motivacional en los momentos que sentimos desfallecer.

A nuestros amigos Juan López y Javier Gutiérrez por su apoyo incondicional y acompañamiento durante el proceso, así como a las personas que de alguna manera contribuyeron para sacar adelante la formación académica ad portas de culminar, como también en el presente proyecto.

Agradecemos a los docentes del tecnológico de Antioquia que con su vocación nos compartieron sus conocimientos y en especial a nuestra asesora Yessenia Villamizar por haber sido la guía en esta etapa final.

Agradecimiento infinito a corpoeducación Superior, con su apoyo nos permitieron acceder a la educación superior. ¡Sin ellos no hubiera sido posible!

RESUMEN

El crecimiento y la densidad poblacional han venido incrementando a través de los años de manera generalizada, el consumismo a nivel mundial y la inadecuada disposición de los residuos sólidos; se encuentran generando un grave daño ambiental por su alto grado de contaminación y disminución de la capacidad o vida útil de los rellenos sanitarios. Con el objetivo de establecer estrategias que contribuyan a la optimización de la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia se realizó un diagnóstico del sitios de disposición final, desde su planeación, diseño, operación y factores como la segregación o separación en la fuente, rutas selectivas y proyectos de reciclaje y/o aprovechamiento de los residuos sólidos de tipo orgánico y aprovechables, para posteriormente formular estrategias que propendan la disminución de los factores de riesgo. Gracias al diagnóstico realizado se identificó que en el municipio la generación de residuos sólidos corresponde a 48 toneladas al mes; siendo el 60% de ellos de carácter biodegradable, el 28% reciclable y el 12% ordinario. Además, se encontró que del 28% correspondiente a material de características reciclables, sólo el 12,7% es aprovechado por parte de tres personas independientes que realizan labores afines, desaprovechando un 87,3% de este tipo de materiales y que finalmente es depositado en el sitio de disposición final, con respecto a los residuos de tipo orgánico, se considera que un porcentaje desconocido, pero poco representativo, es aprovechado como alimento de animales de granja o como abono en descomposición, pero, actualmente no se cuenta con estrategias de aprovechamiento para este recurso razón por la cual, este es dispuesto finalmente en el relleno sanitario Los Guayacanes.

El diagnóstico arroja una inadecuada disposición de los residuos sólidos en el municipio de Tarso Antioquia que ocasiona una colmatación o disminución acelerada de la vida útil del relleno sanitario generando un mayor impacto negativo sobre los recursos naturales como es el caso del agua y el aire, además

de requerir mayor maniobrabilidad para el tratamiento y manejo de estos. Se concluye según las proyecciones de crecimiento poblacional y aumento de desechos en el municipio de tarso que dentro de 10 años el relleno Los guayacanes no será suficiente para satisfacer el requerimiento de la población, por esta razón se deben adoptar todas las medidas aquí descritas para optimizar y tomar las medidas necesarias para garantizar la sostenibilidad del relleno sanitario en el municipio.

ABSTRACT

Population growth and density have been increasing throughout the years in a generalized manner, consumerism at a global level and the inadequate disposal of solid waste; they are generating serious environmental damage due to their high degree of contamination and the decrease in the capacity or useful life of sanitary landfills. With the objective of establishing strategies that contribute to the optimization of the useful life of the Los Guayacanes sanitary landfill in the municipality of Tarso Antioquia, a diagnosis of the final disposal sites was carried out, from its planning, design, operation and factors such as segregation or separation at the source, selective routes and recycling projects and/or use of organic and usable solid waste, to later formulate strategies that tend to reduce the risk factors. Thanks to the diagnosis carried out, it was identified that in the municipality the generation of solid waste corresponds to 48 tons per month; 60% of them are biodegradable, 28% recyclable and 12% ordinary. In addition, it was found that of the 28% corresponding to material with recyclable characteristics, only 12.7% is used by three independent people who carry out related work, wasting 87.3% of this type of material and that finally it is deposited in the final disposal site, with respect to organic type waste, It is considered that an unknown, but not very representative, percentage is used as food for farm animals or as decomposing fertilizer, but currently there are no strategies to use this resource, which is why it is finally disposed of in the Los Guayacanes landfill.

The diagnosis shows an inadequate disposal of solid waste in the municipality of Tarso Antioquia, which causes a clogging or accelerated decrease in the useful life of the landfill, generating a greater negative impact on natural resources such as water and air, in addition to requiring greater maneuverability for the treatment and management of these. According to the projections of population growth and increase of waste in the municipality of Tarso, in 10 years the Los Guayacanes landfill will not be sufficient to satisfy the population's requirements. For this reason,

all the measures described here should be adopted to optimize and take the necessary steps to guarantee the sustainability of the landfill in the municipality.

PALABRAS CLAVE

Abono orgánico (Organic fertilizer)
Alternativas (Alternatives)
Aprovechamiento (Use)
Atmosfera (Atmosphere)
Compactación (Compaction)
Compostaje (Composting)
Diagnóstico (Diagnosis)
Disposición final (Final disposition)
Emisiones (Emissions)
Estrategias (Strategies)
Estudio de Impacto Ambiental (Environmental Impact Study)
Generación de residuos (Waste generation)
Gestión de residuos (Waste management)
Impacto ambiental (Environmental Impact)
Licencia ambiental (Environmental license)
Lixiviados (leachate)
Material de cobertura (Covering material)
Medio ambiente (Environment)
Mitigación (Mitigation)
Operación (Operation)
Optimización (Optimization)
Prevención (Prevention)
Reciclaje (Recycling)
Recurso hídrico (Water resource)
Relleno sanitario (Landfill)
Residuos ordinarios (Ordinary waste)
Residuos orgánicos (Organic waste)
Residuos reciclables (Recyclable waste)

Residuos sólidos peligrosos (Solid hazardous waste)

Residuos sólidos (Solid waste)

Reutilización (Reuse)

Separación en la fuente (Separation at source)

Sitio de disposición final (Site of final disposition)

Tratamiento (Treatment)

Vertedero (Landfill)

Vida útil (Lifetime)

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	4
ABSTRACT	6
PALABRAS CLAVE.....	8
TABLA DE CONTENIDO.....	10
ÍNDICE DE FIGURAS	14
ÍNDICE DE TABLAS	15
ABREVIATURAS.....	16
1. INTRODUCCIÓN	17
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	20
3. MARCO TEÓRICO	22
4. OBJETIVOS	30
4.1. Objetivo General.....	30
4.2. Objetivos Específico	30
5. HIPÓTESIS.....	31
6. METODOLOGÍA	32
6.1 Ubicación del relleno Sanitario Los Guayacanes.....	32
6.2 Diagnóstico de las características de generación y manejo de los residuos sólidos de acuerdo con el Plan de gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS; así como las condiciones actuales de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo a lo establecido en el Decreto 838 de 2005	33
6.2.1 Diagnóstico de la generación, características, prevención, separación en la fuente, reutilización y aprovechamiento de los residuos generados de acuerdo con el PGIRS municipal.	34
6.2.2 Diagnóstico de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo con el Decreto 838 de 2005.	35
6.3 Formulación de estrategias operacionales del relleno sanitario Los Guayacanes.....	38
6.4 Formular estrategias para el aprovechamiento de residuos de tipo reciclable en el relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia	43

6.5 Implementar estrategias de aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante procesos de compostaje para la producción de abono orgánico	43
6.5.1 selección de residuos a compostar.	44
6.5.2 tamaño de partícula.....	44
6.5.3 Relación Carbono/Nitrógeno.	45
6.5.4 Humedad.....	45
6.5.5 Fórmulas para hallar la relación C/N y Humedad.....	46
6.5.6 pH.....	46
6.5.7 Conformación de la pila.....	47
6.6 Verificación del tiempo o periodo restante del otorgamiento de la licencia ambiental del relleno sanitario Los Guayacanes y brindar alternativas de cumplimiento a los requerimientos de esta efectuados por parte de la autoridad ambiental	47
7. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	50
7.1 Diagnóstico de las características de generación y manejo de los residuos sólidos de acuerdo con el Plan de gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS; así como las condiciones actuales de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 838 de 2005	50
7.1.1 Diagnóstico de la generación, características, prevención, separación en la fuente, reutilización y aprovechamiento de los residuos generados de acuerdo con el PGIRS municipal.	50
7.1.2 Diagnóstico de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo con el Decreto 838 de 2005.	58
7.2 Formulación de estrategias operacionales del relleno sanitario Los Guayacanes.....	77
7.2.1 Prohibición del ingreso de residuos peligrosos, si no existen celdas de seguridad en los términos de la normatividad vigente.	77
7.2.2 Prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados.....	81
7.2.3 Control de vectores y roedores.	82
7.2.4 Control del acceso al público y prevención del tráfico vehicular no autorizado y de la descarga ilegal de residuos.	82
7.2.5 Prohibición de la realización de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno.	83

7.2.6	Condiciones establecidas en el permiso de vertimiento para la descarga, directa e indirecta, del efluente del sistema de tratamiento de lixiviados, en los cuerpos de agua, tanto subterránea como superficial.....	84
7.2.7	Caracterización anual de los residuos sólidos de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el Numeral F.1.4.3 del Título F del RAS o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.	101
7.2.8	Monitoreo mensual de la señalización presentada en el programa de monitoreo.	106
7.3	Formular estrategias para el aprovechamiento de residuos de tipo reciclable en el relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia	107
7.3.1	Campañas de sensibilización y educación ambiental para la adopción de procesos de separación en la fuente.	107
7.3.2	Implementar el uso de las canecas con el nuevo código de colores unificado para la separación en la fuente según la resolución 2184 de 2019.	108
7.3.3	Capacitación a los operarios del relleno sanitario frente al manejo adecuado de residuos sólidos.....	109
7.3.4	Activar la asociación de recicladores.	110
7.3.5	Implementar una ruta selectiva directamente para la recolección del reciclaje.....	110
7.3.6	Articulación de los centros educativos, adulto mayor y casa de la cultura para el aprovechamiento de los residuos reciclables.....	110
7.3.7	Comercialización de residuos reciclables.....	111
7.4	Implementar estrategias de aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante procesos de compostaje para la producción de abono orgánico	111
7.4.1	Transformación de los residuos sólidos orgánicos urbanos en abono por medio de la implementación de una compostera para su tratamiento.	111
7.5	Verificación del tiempo o periodo restante del otorgamiento de la licencia ambiental del relleno sanitario Los Guayacanes y brindar alternativas de cumplimiento a los requerimientos de esta efectuados por parte de la autoridad ambiental.....	126
7.5.1	Estrategias de mejoramiento de las obligaciones impuestas por parte de la Autoridad Ambiental.	131
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	135
8.1	Calculo de la vida útil del relleno sanitario los guayacanes de tarso	142

8.1.1 Proyección de población.	143
8.1.2 Producción per cápita.....	143
8.1.3 Cantidad de desechos sólidos.	144
8.1.4 Volumen de desechos sólidos.....	144
8.1.5 Volumen de residuos anual estabilizado.	144
8.1.5 Volumen del relleno sanitario estabilizado.	144
8.1.6 Volumen del relleno sanitario.	145
8.1.7 Cálculo del área requerida.	145
8.1.8 Calculo área total.	145
9. IMPACTO ESPERADO	146
9.1 Impactos Ambientales.....	147
9.2 Impactos Sociales.....	147
9.3 Impactos económicos	147
10. CONCLUSIONES.....	148
11. RECOMENDACIONES FUTURAS.....	149
REFERENCIAS.....	151
ANEXOS	154
Anexo 1: Ficha de análisis de información operacional	154
Anexo 2: Ficha de verificación de información licencia ambiental	155
Anexo 3: formato de verificación de presencia de vectores.....	156
Anexo 4: seguimiento actividades de control y erradicación	157
Anexo 5: Planilla de disposición de Residuos Sólidos.....	158

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geográfica del Relleno Sanitario Los Guayacanes. fuente: Shapefiles Cartografía Corantioquia	33
Figura 2: Generación de residuos por sector, según Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. fuente: PGIRS 2.016.....	51
Figura 3: Generación de Residuos Sólidos por características, según Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Fuente: PGIRS 2016.	53
Figura 4: Señalización. fuente: MPL soluciones.....	83
Figura 5: Separación en la fuente por código de colores. fuente: MINAMBIENTE.	109
Figura 6: Esquema Compostera Relleno Sanitario Los Guayacanes.....	126
Figura 7: Zanja de drenaje tipo French drain.....	131
Figura 8: Compactador manual. fuente: Documento de diseño relleno sanitario Los Guayacanes.	132
Figura 9: compactador tipo canguro. fuente: ECOMEC S.A.	132
Figura 10: Rodillo compactador. fuente: ECOMEC S.A.	133
Figura 11: Cumplimiento de las operaciones del relleno sanitario confrontadas con el Decreto 838/2005.	136
Figura 12: Resultado de la valoración de impactos por riesgo de las deficiencias operacionales identificadas en el relleno sanitario.	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Parámetros para caracterización de acuíferos.	37
Tabla 2: Parámetros para caracterización de lixiviados y vertimientos.	37
Tabla 3: Parámetros para caracterización de calidad del aire.....	38
Tabla 4: Usuarios servidos y facturados por el servicio de aseo.....	50
Tabla 5: Producción total de residuos sólidos kg/mes.....	51
Tabla 6: Caracterización física de residuos sólidos.....	52
Tabla 7: Organizaciones, recicladores y condiciones laborales.	56
Tabla 8: Generación de RESPEL.....	57
Tabla 9: Valoración de impactos por riesgo de prohibición del ingreso de Residuos Peligrosos RESPEL al relleno Sanitario.	59
Tabla 10: Valoración de la importancia de la afectación por riesgo de la prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados.	60
Tabla 11: Valoración de impactos ambientales por riesgo para el control de vectores y roedores.	65
Tabla 12: Valoración de la importancia de la afectación por riesgo de acceso de al público y vehicular al relleno sanitario.	69
Tabla 13: Valoración de la importancia de la afectación por riesgo de actividades de reciclaje en los frentes de trabajo.....	70
Tabla 14: Valoración de la Importancia de la afectación ambiental por riesgo para las actividades de monitoreo establecidas dentro del permiso de vertimiento.	73
Tabla 15: Valoración de la importancia de la afectación ambiental por no efectuar las actividades establecidas en el plan de control de la señalización.	75
Tabla 16: Plan de monitoreo de la calidad del agua.....	84
Tabla 17: Unidad de expresión por tipo de residuos.	103
Tabla 18: Clasificación de los compost según su capacidad de autocalentamiento.	123
Tabla 19: Componentes Compostera Relleno Sanitario Los Guayacanes.....	125
Tabla 20: Presupuesto de implementación de estrategias.	134
Tabla 21: Crecimiento poblacional.	143
Tabla 22: Producción per cápita proyectada.	143

ABREVIATURAS

AAFB: Base de la fuerza aérea de Andersen.

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

DSM: Desechos sólidos municipales.

E- Sirena: Sistema Integrado de Recursos Naturales.

EIA: Estudio de Impacto Ambiental.

EX: Extensión.

GW: Residuos verdes.

I: Importancia del impacto.

IN: Intensidad.

LEM: Landfill Extensión Model.

LFG: tratamiento de lixiviados y gestión del gas de vertedero.

MC: Recuperabilidad.

PE: Persistencia.

PGIRS: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.

RAS: Reglamento Técnico del sector Agua Potable y Saneamiento Básico.

RSU: Residuos sólidos urbanos.

RV: Reversibilidad.

UF: Alimentos procesados.

UNF: alimentos no procesados.

1. INTRODUCCIÓN

El crecimiento y la densidad poblacional han venido incrementando a través de los años de manera generalizada, el consumismo a nivel mundial y la inadecuada disposición de los residuos sólidos; se encuentran generando un grave daño ambiental por su alto grado de contaminación y disminución de la capacidad o vida útil de los rellenos sanitarios. Por tal motivo, es de vital importancia, realizar un diagnóstico de los diferentes sitios de disposición final, desde su planeación, diseño, operación y factores como la segregación o separación en la fuente, rutas selectivas y proyectos de reciclaje y/o aprovechamiento de los residuos sólidos de tipo orgánico y aprovechables, para posteriormente formular estrategias que propendan la disminución de los factores de riesgo que impidan el óptimo periodo de vida útil como es el caso del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia.

En el siglo XX, y especialmente en su segunda mitad, una vez subsanadas las deficiencias más relevantes; y con el desarrollo y asentamiento social de las ideas ecológicas que logran dar una visión más completa, real e integral de los problemas del ecosistema humano, es cuando los residuos urbanos surgen como un problema medioambiental de consideración. (GRUPO EPM, 2012).

Se cuenta con antecedentes de estudios similares realizados en Chile, de manera específica por parte de la revista de la Escuela de Construcción Civil, denominado “propuesta de optimización técnica de rellenos sanitarios, un acercamiento metodológico”, en el cual, los autores presentan un análisis desde el punto de vista económico del manejo de los Residuos Sólidos Domésticos, específicamente en lo referente a la disposición final; en el cual, el objetivo se basó en identificar las variables de decisión que influyen directamente en el costo del relleno sanitario. (Aguirre et al., 2006). No obstante, el objetivo principal del estudio relacionado, es totalmente diferente al enfoque del presente proyecto, puesto que, por parte de la

escuela de Construcción Civil de Chile se basa en la optimización referente al aspecto económico con base en la etapa de operación con variables como el vertido, la capa de cobertura intermedia, el esparcimiento y compactación, la cobertura final, la clausura y postclausura y la maquinaria y equipos; mientras que, la propuesta de “optimización del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia” se basa en lograr una optimización en la acelerada disminución de la vida útil del mismo.

Tras el diagnóstico de las etapas operacionales, de control y monitoreo, y de factores tales como la separación en la fuente, rutas selectivas, aprovechamiento de residuos de tipo orgánico y reciclables, periodo de tiempo activo del otorgamiento de la licencia ambiental y los requerimientos por parte de la autoridad ambiental a dicho permiso; se pretende formular estrategias de mejoramiento de acuerdo con las falencias identificadas. Dichas estrategias, permitirán que en el relleno sanitario Los Guayacanes, se dispongan los materiales inservibles, realizando una adecuada operación y mantenimiento y ejecutando los requisitos técnicos; para que así, todo esto contribuya a evitar afectaciones al medio ambiente y permita dar cumplimiento a los requisitos legales establecidos en el Decreto 838 de 2005. No obstante, el presente proyecto, se realizará con base a la documentación disponible por parte de las Empresas Públicas de Tarso S.A E.S.P tales como las memorias de diseño, la licencia ambiental, el manual de operación y mantenimiento, el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del municipio de Tarso, que, aunque durante el desarrollo del anteproyecto se realizaron algunas visitas al sitio de disposición final para verificar la situación actual este, durante el desarrollo del presente proyecto, no se pudieron realizar actividades de campo, que permitiera verificar las condiciones actuales del sitio de disposición final; debido a la contingencia sanitaria que vive el país a causa del Covid-19.

Este estudio de caso, servirá como base para que el relleno sanitario Los Guayacanes, pueda posteriormente ejecutar dichas estrategias de manejo que

quedarán consignadas en el mismo; de igual forma, servirá a otros rellenos sanitarios para implementar medidas de mejoramiento de acuerdo a las condiciones técnicas y ambientales de cada uno.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

La problemática ambiental de los residuos sólidos ha tomado fuerza en los últimos años, y se ha reglamentado a través del tiempo su recolección, transporte, tratamiento y disposición final. La política para la gestión de los residuos sólidos tiene su fundamento en la Constitución Política de Colombia, la Ley 99 de 1993 y la Ley 142 de 1994, siendo reglamentada en el Decreto 1713 de 2002, Decreto 2820 de 2010 y las Resoluciones del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial 1045 de 2003, 838 de 2005, 1390 de septiembre 27 de 2005 (modificada por la resolución 1684 de 2008, y esta así vez por la 1529 de 2010 del MAVDT Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial); en esta última se establecen pautas para el cierre de los sitios de disposición final (botaderos a cielo abierto u otros sistemas inadecuados) que no cumplan las obligaciones indicadas en los términos establecidos en la resolución 1045 de 2003 (Contraloría de Antioquia, 2005). (Katia M. Noguera¹, 2010).

El Aumento generación de residuos sólidos, debido al consumismo y el crecimiento poblacional, en general el manejo que se estos dando a las basuras en el municipio de Tarso Antioquia es deficiente y no existe una buena cultura de separación en la fuente es decir el material reciclable de los residuos ordinarios, los cuales están llegando al relleno los guayacanes en altos volúmenes colmatando la capacidad del relleno y así mismo reduciendo su vida útil, además de ello con la disposición de los residuos orgánicos en el relleno sanitario los guayacanes está estableciendo la presencia de aves carroñeras y roedores al no dársele un debido un tratamiento adecuado a los residuos orgánicos. Las metodologías que se están implementando actualmente en el municipio de Tarso, con respecto a la disposición de los residuos sólidos están generando impactos ambientales, sociales y económicos, Ya que este relleno está diseñado para la disposición de los residuos ordinarios. La disposición final de los residuos del municipio de Tarso cuenta con una ruta selectiva, el cual se realiza de la siguiente manera; los días lunes y jueves se hace la recolección de los

orgánicos y el día martes se recolecta los residuos sólidos, es acá donde se está presentando la mayor problemática en cuanto a la disposición final de los residuos ya que no existe un control de ingreso de residuos al relleno sanitario, sus operadores llevan a cabo la labor sin conocimiento práctico y con escasa dotación. (ALVAREZ, 2009). Tampoco se cuenta con un vehículo compactador para dicha actividad, se hace uso de vehículos adaptados para controlar el derrame de lixiviados en el caso de los orgánicos y para los demás residuos estos se hacen en una volqueta bajo estricta vigilancia del coordinador operativo.

Bajo estos argumentos, se plantea el siguiente problema: En el proceso del manejo efectuado a los residuos sólidos en el relleno sanitario del municipio de tarso Antioquia, no hay una evaluación clara de las estrategias que permitan una mejor y adecuada disposición de los residuos sólidos en el mismo; de tal manera que, se mitiguen los impactos ambientales desde lo físico, biótico, y social que con base a lo anterior se genera y que por ende afectarán en el futuro a dichos medios; así mismo como a la vida útil del relleno Sanitario “Los Guayacanes.

De acuerdo con esta problemática que se presenta ¿Qué estrategias podrían implementarse para darle un manejo adecuado a los residuos sólidos generados en el municipio de Tarso Antioquía y así optimizar la vida útil del relleno sanitario?

3. MARCO TEÓRICO

Según el módulo de residuos sólidos del ministerio de ambiente de Perú; los residuos sólidos ordinarios y los residuos sólidos peligrosos generan un impacto negativo por el inadecuado manejo de los mismos, ocasionando amenazas a la sostenibilidad y sustentabilidad ambiental; impactando el recurso hídrico en aguas superficiales por materia orgánica a través de bacterias, microorganismos y oxígeno, generando compuestos que acidifican el agua y disminuyen el oxígeno vital para la vida de las especies acuáticas, afectando el agua para consumo humano y por ende generando problemas de salubridad; de igual forma, generan represamiento y taponamiento de cauces al afectar el flujo normal de los mismos; altos costos de tratamiento; zonas de recreo y esparcimiento; contaminación de aguas subterráneas debido a la filtración de lixiviados a través del suelo que absorbe estos líquidos llevándolos hasta donde se encuentran las fuentes de agua (MINAM, 2018).

La atmosfera se ve afectada, dado que, en los procesos de descomposición de los residuos sólidos, se generan malos olores y gases como metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) contribuyendo al incremento del efecto invernadero que aumenta la temperatura y ocasiona deshielo en los polos.

La afectación al suelo, se ve ocasionada por la mala disposición por parte de los seres humanos sobre este recurso natural a través de los lixiviados, afectando su productividad y la microfauna (lombrices, bacterias, hongos y musgos, entre otros); así como incrementando la desertificación del mismo e impactando el paisaje; además de lo anterior, debido a la mala disposición de estos (MINAM, 2018)

Respecto a los problemas ocasionados a la salud, de acuerdo a la investigación realizada en la región metropolitana de Recife, situada al Noreste de Brasil “un examen y un marco para la comprensión del posible impacto de los residuos sólidos pobres de gestión en la salud de los países en desarrollo”, indica que, “las consecuencias de la mala gestión de los desechos en salud son numerosas y

dependen de la naturaleza de los desechos, las personas expuestas, la duración de la exposición y disponibilidad de intervenciones de estas personas”, por lo que se realiza un proceso investigativo, aplicando una síntesis configurativa de la literatura sobre la gestión de los desechos sólidos, políticas, prácticas y repercusiones en la salud de los países en desarrollo y concluye que, como el volumen de los residuos generados aumenta con la urbanización y la industrialización, se hace más complejo el contenido de los residuos con efectos nocivos en algunos de ellos que sólo se manifestarán varios años después de la exposición; generando riesgos a la salud humana, en el caso en particular de la investigación, debido a que, la mala salud provenga de un sólido deficiente de gestión. (Ziraba et al., 2016).

El artículo de investigación titulado “un nuevo método para la evaluación ambiental de los vertederos de residuos sólidos urbanos”, señala que: “Con respecto a varios tipos de contaminantes, la gestión de residuos requiere una gran atención. El estudio de selección ambiental del sitio, antes de la operación del relleno sanitario y, posteriormente, el monitoreo y mantenimiento de la ubicación, son los puntos más importantes en el proceso de selección del sitio sanitario. (Ghanbari, Amin Sharee, Monavari, & Zaredar, 2012)“Los estudios realizados en los países en desarrollo muestran que, de acuerdo con las limitaciones existentes, el relleno es el método más importante en la gestión y disposición final de los residuos sólidos” (Johannesson y Boyer 1999).

Por otra parte, el estudio de caso “Una visión general de la gestión de los desechos sólidos municipales y de los vertederos tratamiento de lixiviados: perspectivas de Malasia y Asia” señala que pesar de la disponibilidad de otros métodos y medios de eliminación, el vertido es el más aceptado y prevalente para la eliminación de los desechos sólidos municipales (DSM) en los países en desarrollo, incluida Malasia. Esto se atribuye principalmente a su fortaleza inherente en términos de ahorro de costos y de unos mecanismos de operación más simple; sin embargo, existe un inconveniente ambiental debido a la contaminación causada por los lixiviados. Lo

cual, es un líquido producido cuando el agua se filtra a través de los residuos sólidos, produciendo un líquido que contiene materiales disueltos o suspendidos de diversos materiales desechados y procesos de biodescomposición, pH extremo, Demanda Química de Oxígeno (DQO), demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), sales y toxicidad. Su composición difiere a lo largo del tiempo y espacio dentro de un vertedero particular, influenciado por un amplio espectro de factores, a saber, la composición de los desechos, la práctica de los vertederos (el contorno y la compactación de los residuos sólidos), las condiciones climáticas locales, las condiciones fisicoquímicas del vertedero, la biogeoquímica y la edad de los vertederos. También concluye que se puede optar por el reciclaje para mitigar la generación de lixiviados en el vertedero. (Kamaruddin et al., 2017).

En lo que tiene que ver con la generación de metano por parte de los rellenos sanitarios, mediante la investigación de “mitigación de las emisiones de metano de los vertederos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales en Jordania”, se propuso investigar vertederos sanitarios y plantas de tratamiento de aguas residuales. Para el primer caso y el cual presenta relación con el proyecto a desarrollar, se propuso la construcción de dos plantas de biogás, cada una con una capacidad de procesamiento de 1.000 toneladas de desechos sólidos por día, concluyendo o determinando, que la planta de biogás reduce las emisiones de metano a cada vertedero por 28,1 Giga gramos (Gg). (Al-Ghazawi & Abdulla, 2008). Con base en lo descrito tras los procesos investigativos mencionados, muestra una estrecha relación con el propósito del proyecto de “propuesta para la optimización del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia”; pues, dicha localidad, cuenta con una temperatura promedio de 22°C, condiciones atmosféricas que favorecen la disminución de los impactos ambientales que pudieran generarse por condiciones de humedad como lo son las altas precipitaciones y corrientes de agua; lo cual puede incidir directamente en la cantidad de la generación de lixiviados y repercutiendo en posibles alteraciones a los recursos naturales; por otra parte, aunque el relleno sanitario Los Guayacanes se encuentra construido y operando

como se ha relacionado anteriormente, el análisis de la operación y condiciones que debieron ser tenidas en cuenta para la construcción de dicho sitio de disposición, como lo son la cercanía con fuentes de agua, vías de acceso, estrategias de separación en la fuente y aprovechamiento de residuos, entre otras; puede contribuir a un mejoramiento u optimización del manejo de los residuos sólidos generados y por ende impactar positivamente en el incremento de la vida útil del mismo y la mitigación de impactos que pudiera ocasionarse al medio ambiente.

Entre tanto la investigación denominada “optimización del sistema de gestión de desechos sólidos municipales mediante un enfoque híbrido de evaluación del ciclo de vida y energía en Teherán”, se utilizan las emisiones del ciclo de vida como una base de datos de inventario para estimar los servicios del ecosistema natural para diluir las emisiones y compensar el consumo de materias primas; obteniendo como resultado que la recuperación de energía de los desechos orgánicos es más valiosa que la recuperación del material mediante el compostaje; sin embargo, este último es una solución más económica en términos de costo operacional, mano de obra y ocupación de la tierra. Así mismo, muestra que el reciclaje es la solución de tratamiento más adecuada para el papel, el plástico y el vidrio; toda vez, que en residuos como el plástico, es preferible reciclarlo que la incineración, dado el consumo de energía y costo de la última estrategia de tratamiento mencionada y a que, la recuperación de este tipo de residuo evita mucho consumo de energía extra para la producción del plástico a partir de materias primas y concluye que la combinación de compostaje, y la separación en la fuente debería considerarse como la vía más sostenible y ecológica en Teherán. (Falahi & Avami, 2020).

En la misma línea, en Indonesia se estableció la ley de residuos, la cual exige a los operadores de vertederos cerrar los vertederos abiertos y sustituirlos por nuevos vertederos que deberán operar de manera ambientalmente racional. Por lo anterior, se realizó el artículo de investigación de campo “El desarrollo de la explotación y gestión de los vertederos de Indonesia” en el cual, se investigan las prácticas de

funcionamiento y gestión de los vertederos en dicho país. Como resultado de este, pudo establecerse que los objetivos de la ley eran demasiado ambiciosos, puesto que ninguno de los vertederos investigados cumple con los requisitos de gestión que establecía la misma; toda vez que, la mayoría de ellos, no satisfacen criterios cruciales como la aplicación regular de la cobertura del suelo, el tratamiento adecuado de los lixiviados y la gestión del gas de vertedero (LFG) y permitió concluir que, “la formalización de las actividades de reciclaje en los vertederos, podría contribuir potencialmente a la sostenibilidad de las operaciones de funcionamiento y gestión de los vertederos” (Munawar, Yunardi, Lederer, & Fellner, 2018).

Un estudio de caso realizado en la planta de compostaje piloto ubicado en la Universidad de Santander en Colombia “Aplicación de estrategias para optimizar el co-compostado de la energía verde y residuos de alimentos en los países en desarrollo, relaciona que “los residuos verdes (GW) es una cuestión clave debido a su alta tasa de producción y a su variedad de propiedades físicas y químicas”, por lo que, el compostaje se convierte en una alternativa prometedora para el tratamiento y valorización de los residuos verdes; no obstante, el contenido o presencia de recalcitrantes y componentes como la lignina y la celulosa aumenta el tiempo de procesamiento; por lo tanto proponen adicionar a los procesos de compostaje, alimentos no procesados (UNF) y alimentos procesados (UF), con el fin de obtener una aceleración en el tiempo o periodo de procesamiento y la calidad del abono, obteniendo resultados favorables en los objetivos planteados. (Hernández-Gómez, Calderón, Medina, Sanchez-Torres, & Oviedo-Ocaña, 2020)

Es claro que la base fundamental para optimizar el periodo de vida útil de un relleno sanitario, se basa en la separación en la fuente de los residuos sólidos, rutas selectivas y el aprovechamiento de los residuos orgánicos y reciclables buscando y proponiendo diferentes alternativas para tal fin; por lo que se proyecta, en el estudio de caso en particular del relleno sanitario Los Guayacanes, plantear o formular estrategias con un enfoque dirigido a reducir la disposición final de materiales

aprovechables en este sitio, las cuales permitirán una disposición adecuada de los residuos inservibles y evitar la colmatación del vertedero, de igual manera, disminuir la producción de lixiviados y minimizar los impactos ambientales que se puedan generar, como posibles soluciones tanto a la acelerada disminución de la vida útil del relleno sanitario por mala disposición y gestión de residuos como de la afectación al medio ambiente.

Ahora bien, en la investigación de evaluación de alternativas para prolongar la vida de los vertederos, llevada a cabo en el vertedero de la Base de la Fuerza Aérea de Andersen (AAFB) por parte del Departamento de ingeniería Civil y Ambiental de la universidad de South Florida; cuyo objetivo fue explorar las facetas de la vida útil de los vertederos y proporcionar orientación sobre la viabilidad de diversas alternativas o métodos típicos combinados, para prolongar la vida útil del mismo, teniendo como base la capacidad actual de los vertederos y verificando estrategias tales como, la reducción del tamaño de los desechos entrantes, la densidad de compactación in situ probada, el uso de una cobertura diaria alternativa, el desvío de desechos y la aceleración de la degradación para mejorar el asentamiento contaminante en los Desechos Sólidos Municipales (DSM); para ello, se utilizó el programa informático Landfill Extension Model (LEM); puesto que, según la investigación, dada la dificultad, así como el alto costo, la ubicación y construcción de vertederos de residuos sólidos urbanos (RSU), incumbe a los administradores o en nuestro caso operadores de rellenos sanitarios, el evaluar todas las alternativas para prolongar la vida útil de los vertederos existentes. Dicha investigación determinó tras emplear el programa informático de modelación relacionado, que, luego de implementar todas las estrategias o alternativas propuestas, permitiría que el vertedero de la AAFB extendiera o aumentara su vida útil de 10 a 48 años. (Preen & Murphy, 2001).

En otro estudio de caso denominado “propuesta de optimización Técnica de rellenos sanitarios, un acercamiento metodológico”; se realiza un análisis con un enfoque económico del manejo de los Residuos Sólidos Urbanos, específicamente en lo que

se refiere a la disposición final; a partir de las variables de operación, que, según los autores, inciden en el costo de un relleno sanitario; por este motivo, se hace una valoración del vertido, capa de cobertura intermedia, esparcimiento y compactación, cobertura final, clausura y postclausura y máquinas y equipos concluyendo que, “no es posible establecer una relación proporcional” de acuerdo al objetivo planteado en la presente investigación, es decir, no es posible determinar el ajuste económico al establecer medidas de optimización de un relleno sanitario como se pretendía en el caso mencionado, no obstante, pudo concluir que, “una mayor cantidad de población, al igual que un mejor estrato socioeconómico, implica una mayor generación de residuos y esto a su vez, implica terrenos mayores para la disposición final o varios de menor proporción, lo que implica incurrir en mayores costos (Aguirre Núñez et al., 2006).

Por lo descrito anteriormente, estos dos últimos proyectos investigativos, fueron enfocados en los aspectos operacionales del relleno sanitario o vertedero respectivamente, a diferencia de los demás que buscaban estrategias de optimización de los vertederos desde el aprovechamiento de los residuos; lo cual, permite concluir que un proceso de optimización de un relleno sanitario, puede obtener mejores resultados si se aplica o evalúa tanto desde la parte operacional como de aprovechamiento de residuos tanto orgánicos como reciclables, como concluyen en muchos de los casos analizados. Ahora bien, para el caso del presente proyecto, se relaciona con la mayoría de los casos vistos, en que se realizará un diagnóstico de las condiciones actuales del relleno sanitario Los Guayacanes, en comparación con lo establecido en el Decreto 838 del 2005, el cual, en su título II, establece las consideraciones ambientales y técnicas de planeación, construcción y operación de estos sitios de disposición final.

Para el caso en particular, el vertedero municipal, se encuentra en etapa de operación como se ha venido mencionando. Por tal motivo, se fijan dos líneas de trabajo para generar una propuesta de optimización de la vida útil; el primero de

ellos tiene que ver con la situación operacional actual y tras efectuar dicho análisis, se pretende plantear o formular estrategias que contribuyan a dicho fin, mientras que la segunda línea de trabajo, tiene que ver con el análisis del manejo brindado a los residuos sólidos desde su generación y hasta su disposición final, lo cual generará nuevas alternativas que contribuyan de manera conjunta a mejorar el periodo de vida útil del relleno sanitario desde el punto de vista operacional y de aprovechamiento de los residuos sólidos.

4. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Establecer estrategias que contribuyan a la optimización de la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia.

4.2. Objetivos Específico

- Diagnosticar las características de generación y manejo de los residuos sólidos de acuerdo con el Plan de gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS; así como las condiciones actuales de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo a lo establecido en el Decreto 838 de 2005.
- Formular estrategias de mejoramiento en la operación y funcionamiento del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo con las falencias evidenciadas en el diagnóstico y que permitan dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 838 de 2005.
- Formular estrategias para el aprovechamiento de los residuos de tipo reciclable, con el fin de brindar un valor agregado a las Empresas Públicas de Tarso S.A E.S.P.
- Implementar estrategias de aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante procesos de compostaje para la producción de abono orgánico.
- Verificar el tiempo o periodo restante del otorgamiento de la licencia ambiental del relleno sanitario Los Guayacanes y brindar alternativas de cumplimiento a los requerimientos efectuados por parte de la Autoridad Ambiental.

5. HIPÓTESIS

Existe la posibilidad de optimizar la vida útil del relleno sanitario los guayacanes del municipio de Tarso Antioquia mediante la implementación de estrategias que están formuladas básicamente en mejorar la vida útil del relleno sanitario, cambiando la cultura de separación en la fuente, implementando una compostera municipal donde se aprovechará los residuos orgánicos para la transformación de este en abono y el cual será comercializado. Los residuos reciclables serían reutilizados y comercializados. De esta manera se reducirá el volumen de residuos sólidos los cuales han sido depositados en el relleno sanitario sin ningún tipo de tratamiento.

Pues actualmente en el relleno sanitario Lo Guayacanes, se encuentran disponiendo la totalidad de los residuos generados en el municipio de Tarso Antioquia sin realizar actividades efectivas de separación en la fuente; aprovechamiento de los residuos tanto orgánicos como reciclables; lo que puede generar un colapso del relleno sanitario y que no alcance a cumplir su vida útil.

Por lo citado, es importante establecer y sobre todo adoptar las medidas y estrategias consignadas en el presente proyecto, dado que estas contribuirían a evitar la pronta colmatación del relleno que pueda generar un problema de manejo de los residuos sólidos municipales (RSM) de Tarso Antioquia y las implicaciones ambientales, sociales y económicas que esto conlleva.

6. METODOLOGÍA

6.1 Ubicación del relleno Sanitario Los Guayacanes

El relleno Sanitario Los Guayacanes, se ubica en el municipio de Tarso, departamento de Antioquia, vereda Patio Bonito; sector El Coco- La Armenia, a una distancia de 3 kms de la cabecera municipal, en el punto de coordenadas Magnas Sirgas origen Bogotá X: 808,484,233; Y: 1,140,746,328.

El municipio de Tarso, se ubica en el suroeste del departamento de Antioquia-Colombia; posee una extensión de 119 km² y limita por el oriente con los municipios de Jericó y Fredonia, por el occidente con Salgar y el Río San Juan, por el norte con Fredonia y Venecia y por el sur con Pueblo Rico y Jericó y se encuentra a una distancia de 103 km de la ciudad de Medellín.

La altura de la cabecera municipal es de 1.325 m.s.n.m, con una temperatura promedio de 23°C y se presenta una precipitación promedio de 2.000 mm/año (PGIRS Tarso 2016).

Según las proyecciones del Departamento Nacional de Estadísticas (Dane), el municipio de Tarso para el año 2.020, cuenta con una población de 6.231 habitantes, de los cuales, 3.500 se ubican en la zona urbana, mientras que, 2.731 en la zona rural (centros poblados y Rural disperso) (anexos-proyecciones-poblacion-desagregacion-2018-2020).



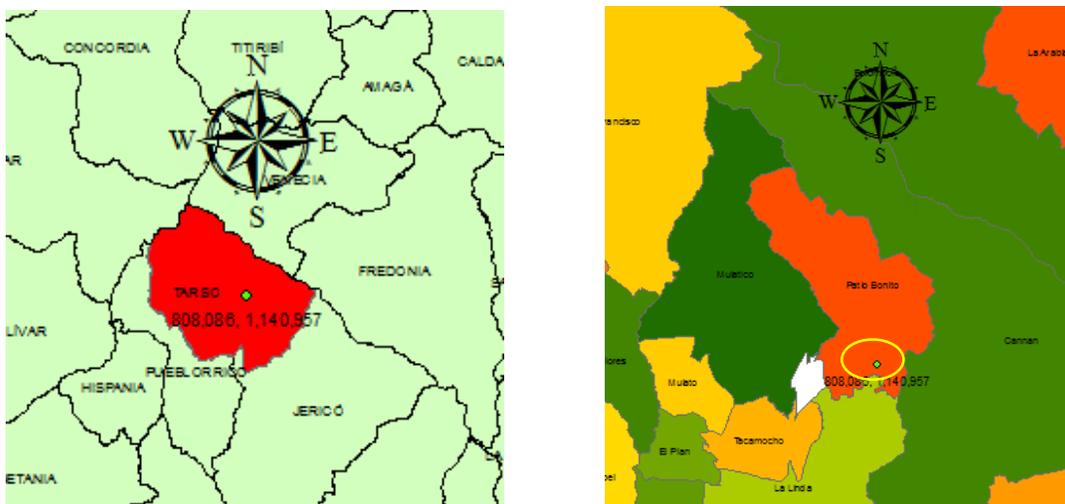


Figura 1: Ubicación geográfica del Relleno Sanitario Los Guayacanes. Shapefiles Cartografía Corantioquia

6.2 Diagnóstico de las características de generación y manejo de los residuos sólidos de acuerdo con el Plan de gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS; así como las condiciones actuales de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo a lo establecido en el Decreto 838 de 2005

Para el desarrollo del diagnóstico tanto del manejo de los residuos sólidos a nivel municipal como de la parte operativa del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia, contaremos con dos herramientas básicas ; la primera de ellas será el Plan de Gestión integral de Residuos Sólidos del municipio de Tarso (PGIRS); pues, este establece las estrategias necesarias para prevenir, separar en la fuente, reutilizar y aprovechar los residuos que se generan a nivel local; por otra parte y como segunda herramienta, se contará con el Decreto 838 del 2005; en la medida que, a nivel normativo establece las herramientas básicas para realizar una operación adecuada en cada uno de los rellenos sanitarios a nivel nacional.

Ahora bien, teniendo en cuenta la imposibilidad actual de efectuar labores de campo; se contará para tal fin, con herramientas literarias como la licencia ambiental, el manual de operaciones y mantenimiento del relleno sanitario, el diseño del mismo sitio de disposición final, verificación de formatos de actividades cotidianas y operacionales y entrevistas telefónicas al personal de las Empresas

Públicas de Tarso S.A E.S.P como también el mismo Plan de Gestión integral de Residuos Sólidos (PGIRS), el cual, debe ser actualizado ante la autoridad ambiental demostrando cada una de las cantidades y características de generación de residuos; así como las estrategias para el manejo y gestión de los mismos.

6.2.1 Diagnóstico de la generación, características, prevención, separación en la fuente, reutilización y aprovechamiento de los residuos generados de acuerdo con el PGIRS municipal.

Una vez dada la expedición del Decreto Reglamentario del servicio público de aseo, 2981 de 2013, y compilado posteriormente en el Decreto 1077 de 2015 “por el cual se expide el Decreto único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”, surge la Resolución 754 de 2014, en la que se adopta “la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral PGIRS.

Posteriormente, mediante Decreto N° 053-2015 del 18 diciembre de 2015, se expide la actualización del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos- PGIRS del municipio de Tarso Antioquia; en el cual se cuenta con el anexo técnico del mismo. Por esta razón, a través de la implementación de dicha herramienta, diagnosticará y verificará el manejo o gestión de los residuos sólidos en el municipio de Tarso y poder de esta manera formular estrategias que propendan por depositar en el vertedero, únicamente los residuos sólidos inservibles u ordinarios; por lo tanto, se procederá a identificar información tal como:

- Actividades comunitarias para promover la reducción de residuos sólidos en el municipio.
- Generación de residuos sólidos.
- Producción per cápita de residuos sólidos.
- Recolección transporte de residuos sólidos urbanos.
- Aprovechamiento de residuos sólidos.
- Identificación de recicladores, organizaciones y condiciones laborales.

- Residuos sólidos especiales.
- Residuos de construcción y demolición.

6.2.2 Diagnóstico de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo con el Decreto 838 de 2005.

El Decreto 838 de 2005, se compone de un título preliminar y este a su vez en el capítulo I se relacionan las definiciones principales; en el capítulo II se establecen las disposiciones generales; respecto al título I, se define la localización de las áreas para la disposición final de residuos sólidos y este a su vez se divide en el capítulo I que define el interés social y la utilidad pública; en el capítulo II del mismo título, se establecen los procedimientos, criterios, metodologías, prohibiciones y restricciones para la localización de áreas para la disposición final de residuos sólidos, considerando ya suplida dicha etapa, pues, el relleno sanitario Los Guayacanes, cuenta con licencia ambiental desde el año 2011 y se encuentra operando actualmente; no obstante, en el objetivo quinto o en el numeral 6.6 de la presente metodología, se tiene estipulado realizar un análisis de los diferentes requerimientos efectuados por parte de la autoridad ambiental al relleno sanitario con base en la licencia ambiental otorgada; permitiendo suplir la necesidad de verificar las condiciones establecidas dentro de dicho trámite y contribuyendo al objetivo principal de este proyecto.

Teniendo en cuenta lo descrito, en el Decreto 838 de 2005, se encuentra establecido en el título II, capítulo I “de planeación y reglamento operativo”; los requisitos de operación del relleno sanitario Los Guayacanes; por esta razón, la metodología del presente numeral se deberá enfocar en este sentido, en la medida que incluso el reglamento operativo, requerido en el mismo numeral, ya se encuentra establecido, debiendo verificarse en la evaluación del Estudio Ambiental por el cual se otorgó la licencia ambiental. Por lo descrito, las consideraciones a tener en cuenta serán las siguientes:

Criterios operacionales:

- Prohibición del ingreso de residuos peligrosos, si no existen celdas de seguridad en los términos de la normatividad vigente.
- Prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados.
- Pesaje y registro de cada uno de los vehículos que ingresan al relleno sanitario.
- Cubrimiento diario de los residuos.
- Control de vectores y roedores.
- Control de gases y las concentraciones que los hacen explosivos.
- Control del acceso al público y prevención del tráfico vehicular no autorizado y de la descarga ilegal de residuos.
- Prohibición de la realización de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno.
- Condiciones establecidas en el permiso de vertimiento para la descarga, directa e indirecta, del efluente del sistema de tratamiento de lixiviados, en los cuerpos de agua, tanto subterránea como superficial.

Así mismo, se realizará un diagnóstico al cumplimiento de los controles y monitoreo en el área de disposición final de residuos sólidos, establecido en el título II “del control y monitoreo” artículo 11 en el que se establece lo siguiente “Todo prestador del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, deberá incluir en los diseños correspondientes la red de monitoreo de aguas subterráneas, la identificación de las fuentes superficiales y los puntos donde se realizará el control y monitoreo, sin perjuicio de lo dispuesto en la licencia ambiental.

Entre tanto, dicho prestador deberá incluir en los diseños correspondientes los sitios donde se realizará el control de cada actividad para los siguientes parámetros:

- Pesaje y registro de cada uno de los vehículos que ingresan al sitio para disposición final de residuos sólidos.
- Caracterización anual de los residuos sólidos de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el Numeral F.1.4.3 del Título F del RAS o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.

- Monitoreo mensual de la señalización presentada en el programa de monitoreo.
- Control de las instalaciones sanitarias anualmente.
- Control y monitoreo al sistema de compactación de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en el Numeral F.6.6.4 del Título F del RAS o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.
- Control y monitoreo de la calidad del recurso agua, como mínimo, de acuerdo con los siguientes parámetros y frecuencia, sin perjuicio de lo que disponga la autoridad ambiental.

Tabla 1: Parámetros para caracterización de acuíferos.

Acuíferos	Frecuencia	
Parámetros	Mayor de 15TM/día	Menor o igual 15 TM/día
PH	Semestral	Anual
Conductividad eléctrica	Anual	Bianual
Oxígeno Disuelto	Semestral	Anual
Metales pesados	Semestral	Anual
DQO	Semestral	Anual
Amoniaco	Anual	Bianual
Nitritos	Semestral	Anual
Nitratos	Anual	Bianual

Fuente: Dec. 838/2005.

Tabla 2: Parámetros para caracterización de lixiviados y vertimientos.

Lixiviados y calidad del vertimiento a fuentes Superficiales	Frecuencia	
Parámetros	Mayor de 15TM/día	Menor o igual 15 TM/día
Ph	Semestral	Anual
Oxígeno Disuelto	Semestral	Anual

Metales pesados	Semestral	Anual
Demanda Química de Oxígeno	Semestral	Anual
Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días	Semestral	Anual
Sólidos Suspendidos Totales	Semestral	Anual

Fuente: Dec. 838/2005.

Tabla 3: *Parámetros para caracterización de calidad del aire.*

Calidad de Aire	Frecuencia	
Parámetros	Mayor de 15TM/día	Menor o igual 15 TM/día
Composición de Biogás CH ₄ , CO ₂ , O ₂	Trimestral	Semestral
Explosividad	Trimestral	Semestral
Caudal	Trimestral	Semestral
Partículas Suspendidas Totales	Trimestral	Semestral
Partículas Respirables	Trimestral	Semestral

Fuente: Dec 838/2005.

Además de las fuentes superficiales y lixiviados, se deberá caracterizar las aguas provenientes del sistema de drenaje, para corroborar que no existe contacto con lixiviados. (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005).

6.3 Formulación de estrategias operacionales del relleno sanitario Los Guayacones

Una vez terminadas las actividades de diagnóstico tanto de las etapas de prevención, generación, separación en la fuente, aprovechamiento, tratamiento, disposición final y operación del vertedero, mediante la identificación de los

procesos en los cuales se presenta falencias en el manejo de los residuos sólidos y operación del relleno sanitario del municipio de Tarso; se procederá a formular estrategias de mejoramiento que conlleven a la optimización de este.

Para la formulación de las estrategias, se tendrá en cuenta que cada uno de los procesos cuente con información de gestión documental como informes, bitácoras u otros, con el fin de brindar veracidad a la información aportada.

Para los fines pertinentes, se verificará en cada uno de los de los procesos operacionales con el uso de una ficha de análisis de información operacional (ver anexo 1) que contendrá la siguiente información:

- Proceso: conjunto de operaciones para un fin determinado, establecido en la resolución 838 de 2005; ejemplo: Prohibición del ingreso de residuos peligrosos, si no existen celdas de seguridad en los términos de la normatividad vigente.
- Actividad: son las obras o acciones para cumplir una meta, en este caso un proceso. Ejemplo: separación en la fuente, clasificación de los residuos sólidos por sus características.
- Descripción de la actividad según la documentación: se refiere a la verificación de un determinado proceso operacional y sus actividades, con relación a lo establecido en el manual de operaciones; licencia ambiental; diseño del relleno sanitario o PGIRS.
- Verificación de la información: se refiere a las estrategias documentales como formatos, bitácoras u otros, para dar veracidad a la información suministrada o actividades realizadas en cada una de las operaciones del relleno sanitario; esto con el fin, además, de contar con las herramientas de soporte para la obtención y reporte de datos como es el caso de la cantidad de residuos sólidos recibidos de acuerdo con las características de cada uno de ellos.
- Valoración del impacto por riesgo: la valoración del impacto, se realizará aplicando la matriz de impactos de Conesa Fernández, cuyo objetivo es “ establecer, a través de los factores ambientales considerados, indicadores capaces de medirlos, la unidad de medida y la magnitud de los mismos, transformándolos en magnitudes

representativas, no de su alteración, sino del impacto sobre el medio ambiente” (Tarigan, 2013). De cualquier modo, dicha matriz se compone de 11 variables que son, naturaleza, Extensión, persistencia, sinergia, efecto, recuperabilidad, intensidad, momento, reversibilidad, Acumulación y Periodicidad; pero para el presente proyecto se implementará la metodología de importancia de la afectación por riesgo implementada por parte de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- Corantioquia, que toma las cinco variables más representativas, es decir, intensidad (IN), Extensión (EX), Persistencia (PE), Reversibilidad (RV) y Recuperabilidad (RP).

- Intensidad (IN): Define el grado de incidencia de la acción sobre el bien de protección y se da una clasificación ya sea de 1. Baja o mínima: Afectación del bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 0 y 33%. 4. Media: Afectación del bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 34 y 66%. 8. Alta: Afectación del bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma y comprendida en el rango entre 67 y 99%. 12. Muy Alta: Afectación del bien de protección representada en una desviación del estándar fijado por la norma igual o superior al 100%.
- Extensión (EX): Se refiere al área de la influencia del Impacto en relación con el entorno y puede valorarse con valores de 1. Puntual: Cuando la afectación puede determinarse en un área localizada e inferior a una (1) hectárea. 4. Parcial: Cuando la afectación incide en un área determinada entre una (1) hectárea y cinco (5) hectáreas. 12. Extensa: Cuando la afectación se manifiesta en un área superior cinco (5) hectáreas.
- Persistencia (PE): Se refiere al tiempo que permanecería el efecto desde su aparición y hasta que el bien de protección retorne a las condiciones previas a la acción y toma valores de acuerdo a la valoración de 1. Fugaz o efímero: Si la duración del efecto es inferior a seis (6) meses. 3. Temporal o transitorio: Cuando la afectación no es permanente en el tiempo, se establece un plazo temporal de

manifestación entre seis (6) meses y cinco (5) años. 5. Persistente o constante: Cuando el efecto supone una alteración, indefinida en el tiempo, de los bienes de protección o cuando la alteración se superior a 5 años.

- Reversibilidad (RV): Capacidad del bien de protección ambiental afectado de volver a sus condiciones anteriores a la afectación por medios naturales, una vez se haya dejado de actuar sobre el ambiente y puede tomar valores de 1. Corto Plazo: La alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible en un periodo de 1 año. 3. Mediano Plazo: Aquel en el que la alteración puede ser asimilada por el entorno de forma medible en el mediano plazo, debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio, es decir, entre 1 y 10 años. 5. Largo Plazo: Cuando la afectación es permanente o supone la imposibilidad o dificultad extrema de retornar, por medios naturales, a sus condiciones anteriores. Corresponde a un plazo de superior a diez (10) años.
- Recuperabilidad (MC): Capacidad de recuperación del bien de protección por medio de la implementación de medidas de gestión ambiental. A dicha variable puede darse valores de 1. Recuperable a corto plazo: Si se logra en un plazo inferior a seis (6) meses. 3. Recuperable a mediano plazo: Caso en que la afectación puede eliminarse por la acción humana, al establecerse las oportunas medidas correctivas, y así mismo, aquel en el que la alteración que sucede puede ser compensable en un periodo comprendido entre 6 meses y 5 años. 10. Recuperable a largo plazo: Efecto en el que la alteración puede mitigarse de una manera ostensible, mediante el establecimiento de medidas correctoras. 12. No recuperable: Caso en el que la alteración del medio o pérdida que supone es imposible reparar, tanto por la acción natural como por la acción humana.
- Importancia del impacto (I): se obtiene teniendo en cuenta los valores dados a la valoración de las variables anteriores con la siguiente ecuación $IMPORTANCIA (I) = (3IN + 2EX + PE) + RV + RP$ y de acuerdo al resultado, puede establecerse si la dicha importancia es irrelevante cuando se obtiene un resultado de 8; leve si al valorarse

se obtiene un resultado entre 9 y 20; Moderado en caso de que el resultado se encuentre entre 21- 40; severo cuando el resultado arrojado se encuentra entre 41- 60 y crítico cuando el resultado obtenido se ubica en un rango entre 61- 80 (Tarigan, 2013).

- Verificación Programa de Manejo Ambiental: en caso de hallarse una falencia en la operación de cualquiera de los procesos que deben llevarse a cabo en el relleno sanitario Los Guayacanes y por ende se efectúe la valoración del impacto ambiental que puede afectarse dada la inconsistencia, se procederá a verificar en la licencia ambiental la existencia o no de un programa de manejo ambiental establecido con anterioridad al inicio del proyecto.
- Verificación de seguimiento y monitoreo: Como se encuentra establecido en el capítulo II del Decreto 838 de 2005, el relleno sanitario debe contar con una red de monitoreo de los diferentes recursos naturales que pueden verse afectados; así como de pesaje y registro de cada uno de los vehículos que ingresan al sitio para disposición final de residuos sólidos; Caracterización anual de los residuos, monitoreo mensual de la señalización presentada en el programa de monitoreo, control de las instalaciones anualmente, control y monitoreo del sistema de compactación, control y monitoreo de la calidad del recurso agua (fuentes superficiales y lixiviados) y calidad del aire (Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005); de acuerdo a lo anterior, dentro del mismo formato, se verificará dicha disposición de acuerdo a cada uno de los recursos naturales que puedan verse afectados
- Formulación de estrategia: finalmente, tras verificarse la información relacionada y perteneciente a cada uno de los procesos operacionales, valorar su impacto sobre alguno de los recursos naturales, verificar los planes y programas de manejo ambiental como de control y monitoreo; se procederá a formular estrategias que contribuyan a mejorar el manejo del sitio de disposición final de residuos sólidos Los Guayacanes, y así propender por la implementación de acciones en pro de optimizar la vida útil del relleno sanitario.

6.4 Formular estrategias para el aprovechamiento de residuos de tipo reciclable en el relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia

Las actividades que generan impactos negativos más significativos son en la fase de disposición final de residuos sólidos, no existe un control de entrada al relleno sanitario, en este son depositados todo tipo de residuos y sus operadores llevan a cabo la labor sin conocimiento práctico y dotación escasa de este modo reduciendo su vida útil

Para contrarrestar, controlar, prevenir y mitigar estos impactos se formulan unas estrategias en el cual se especifican las medidas a tomar frente la disposición final de los residuos que son aprovechables

- Campañas de sensibilización y educación ambiental para la adopción de procesos de separación en la fuente.
- Implementar el uso de las canecas con el nuevo código de colores unificado para la separación en la fuente según la resolución 2184 de 2019
- Capacitación a los operarios del relleno sanitario frente al manejo adecuado de residuos.
- Activar la asociación de recicladores del municipio de Tarso Antioquia.
- Adecuar la bodega de reciclaje existente en el relleno sanitario Los Guayacanes.
- Implementar una ruta selectiva directamente para la recolección del reciclaje.
- Articulación de charas o talleres los centros educativos, adulto mayor y casa de la cultura para el aprovechamiento de los residuos reciclables.

6.5 Implementar estrategias de aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante procesos de compostaje para la producción de abono orgánico

Para la formulación de la estrategia de compostaje de los residuos orgánicos, se tendrá en cuenta la cartilla técnica de compostaje para residuos domiciliarios

separados en la fuente de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- Corantioquia.

De acuerdo con la Norma Técnica Colombiana NTC-5167, el compostaje es el proceso de oxidación aerobia de materiales orgánicos que conduce a una etapa de maduración mínima (estabilización), se convierten en un recurso orgánico estable y seguro para ser utilizado en la agricultura (NTC-5167). El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial de Colombia (2006), definió el compostaje como el proceso biológico en presencia de oxígeno, más frecuentemente utilizado para la transformación de la fracción orgánica (residuos de jardín, residuos sólidos domésticos separados en la fuente) de los residuos sólidos domésticos a un material único estable conocido como compost.

6.5.1 selección de residuos a compostar.

6.5.1.1 Materiales orgánicos que se pueden compostar sin problema.

- Cáscaras y desechos de verduras, granos, legumbres y frutas.
- Cáscaras y desechos de huevos, nueces entre otras
- Desechos de té o café.
- Desechos de jardín o huerto.
- Desechos de plantas decorativas (con o sin tierra), flores decorativas.
- Desechos sólidos de la cocina.
- Desechos de madera sin pintura, astillas, viruta, aserrín etc.
- Estiércoles de animales (conejo, vaca, cuy, oveja, chivo, aves).
- Desechos de agricultura.

6.5.2 tamaño de partícula.

El material utilizado para iniciar el proceso de compostaje debe ser triturado para conseguir un tamaño de partícula susceptible al ataque microbiano, ya que una de las principales características de los residuos sólidos urbanos es su heterogeneidad; valores entre 1 a 4 cm de diámetro son los recomendados. A menor

tamaño de partícula, mayor es la superficie en contacto con los microorganismos, facilitando la degradación de la materia orgánica. Sin embargo, un tamaño de partícula muy pequeño puede provocar la compactación del material, impidiendo la circulación de aire y generando condiciones de anoxia. Una porosidad adecuada de la biomasa mejora la aireación y la estructura de ésta, con lo cual se aumenta la velocidad del proceso.

6.5.3 Relación Carbono/Nitrógeno.

Una relación C/N óptima de entrada, es decir de material "crudo o fresco" a compostar es de 30 unidades de Carbono por una unidad de Nitrógeno, (C:30/N:1) = 30, valores muy altos (superiores a 30) hacen muy lento el proceso. La relación ideal de C/N decrece a 15:1 en el compost final (2/3 partes del C sale CO₂). Ajustar al inicio del proceso la relación Carbono –Nitrógeno permite garantizarles a los microorganismos estos dos elementos que son limitantes de su crecimiento y reproducción.

Un cociente más bajo, el nitrógeno estará en exceso y se pierde como amoníaco (NH₃), causando olores indeseables. Cocientes más altos significan que no hay suficiente nitrógeno para el crecimiento óptimo de las poblaciones microbianas, así que el compost es relativamente frío y la degradación procederá a una tasa lenta. En general, los materiales que son verdes y húmedos tienden a ser altos en nitrógeno, y los que son marrones y secos son altos en carbono. Es necesario calcular la relación C/N de la mezcla a compostar. Se puede estimar las condiciones óptimas, simplemente usando una combinación de materiales altos en carbón con otros altos en nitrógeno.

6.5.4 Humedad.

En un proceso de compostaje es indispensable contar con una buena cantidad de agua en el material, pues ésta permite el transporte de sustancias y nutrientes, de modo que los hace más accesibles para los microorganismos. Éste contenido de

agua se denomina porcentaje de Humedad y normalmente lo aportan las mismas materias primas. Lo recomendable es que la Humedad de la pila se mantenga en el intervalo de 40% a 60% al inicio del proceso, si ésta es inferior al 40% decrece la actividad microbiana, paralizando el proceso de degradación, a lo que se debe ajustar humedeciendo la pila con agua hasta ajustar lo requerido. Cuando la Humedad mayor a 70% se reduce la transferencia de oxígeno generando anaerobiosis, puesto que el agua desplaza al aire en los espacios libres existentes entre las partículas, además puede producir pérdidas de nutrientes por lixiviación; la Humedad se ajusta adicionando materiales absorbentes tales como chipiado o aserrín, sobrante de zarandeo, hojas secas, entre otros.

6.5.5 Fórmulas para hallar la relación C/N y Humedad.

Nitrógeno en mezcla = Σ contenido de nitrógeno de cada residuo

Carbono en mezcla = Σ contenido de carbono de cada residuo.

Relación C/N Resultante = Carbono en mezcla/ Nitrógeno en mezcla

Agua en mezcla = Σ contenido de agua de cada residuo

Cantidad total a compostar = Σ cantidad a compostar de cada residuo.

Humedad Resultante (%) = $\text{Agua en mezcla} \times 100 / \text{Cantidad total a compostar}$.

6.5.6 pH.

El pH cercano al neutro (pH 6,5-7,5), ligeramente ácido o alcalino asegura el desarrollo favorable de la gran mayoría de los orgánicos. Valores de pH inferiores a 5,5 (ácidos) inhiben el crecimiento. Valores superiores a 8 (alcalinos) también son agentes inhibidores del crecimiento, haciendo precipitar nutrientes esenciales del medio, de forma que no son asequibles para los microorganismos. No es habitual que los desechos orgánicos agrícolas presenten un pH muy desplazado del neutro (pH = 7). Puede ser el caso de algunos residuos provenientes de actividades agroindustriales o en algunos residuos domésticos. Los agroindustriales se caracterizan por su estabilidad (resistencia a la biodegradación) y en general se trata de desechos con pH marcadamente ácido.

6.5.7 Conformación de la pila.

En esta se efectuará un proceso básico de fermentación del material, este se organiza en pilas de 1.2 a 2 metros de altura, en forma de pirámide completa, con un ancho de la pila entre 2 a 4 metros, y la longitud es variable de acuerdo con la cantidad de residuos a tratar y el espacio para formar las pilas. La sección tiende a ser trapezoidal, aunque en zonas muy lluviosas es semicircular para favorecer el drenaje del agua. Conformación de un colchón de sobrante de zarandeo o chipiado en la base de cada pila para la absorción de los lixiviados.

- Adición de una capa de sobrante en la superficie de las pilas para el control de moscas y olores, con lo que se concluye la conformación de las pilas.
- Finalmente se recomienda la toma de una muestra, con el objetivo de verificar que las variables que fueron ajustadas al inicio del proceso se encuentran en los rangos recomendados (Paul M. Muchinsky, 2012).

6.6 Verificación del tiempo o periodo restante del otorgamiento de la licencia ambiental del relleno sanitario Los Guayacanes y brindar alternativas de cumplimiento a los requerimientos de esta efectuados por parte de la autoridad ambiental

El relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso, inició su etapa de construcción y posteriormente operación tras el otorgamiento de la licencia ambiental por parte de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia-CORANTIOQUIA, mediante la Resolución 130CA-1104-6662 del 07 de abril del 2011 y expediente CA3-2009-7.

Para verificar el tiempo restante de otorgamiento de la licencia ambiental otorgada mediante la resolución nombrada, así como los diferentes requerimientos efectuados por parte de la Autoridad Ambiental, se empleará la base de datos de dicha Corporación Sistema Integrado de Recursos Naturales (E- Sirena), la cual, permite al público tener acceso a la información; así mismo, se contará con los

diferentes actos administrativos y resoluciones por las cuales se imponen las diferentes obligaciones al relleno sanitario en el marco de la licencia ambiental otorgada. Lo anterior, se debe a que dichas situaciones fueron el resultado de visitas de control y seguimiento por parte de la Autoridad Ambiental en las cuales se pudo evidenciar falencias presentadas en el Relleno Sanitario y por ende al cumplir con dichas obligaciones, se estaría contribuyendo a una optimización del sitio de disposición final, objeto principal del presente proyecto.

Para esto, se recolectará en un formato o ficha con las siguientes características que permita recaudar la información a indagar (Ver anexo 2).

- Expediente de licencia ambiental: Expediente asignado por parte de la Autoridad Ambiental a la licencia otorgada al relleno sanitario Los Guayacanes.
- Resolución que otorga la licencia ambiental: Numero de resolución por la cual se otorga la licencia ambiental al relleno sanitario Los Guayacanes.
- Tiempo por el cual otorga la licencia ambiental: Tiempo por el cual se otorga la licencia ambiental y que se refiere al periodo de vida útil del proyecto.
- Descripción del requerimiento: se refiere a la actividad u obligación impuesta por parte de la Autoridad Ambiental en pro de mejorar alguno o algunos aspectos del relleno sanitario Los Guayacanes que presenta falencias.
- Acto administrativo o Resolución por la cual se impone el requerimiento: se refiere al documento legal que emite la autoridad ambiental con el fin de imponer la obligación o actividad de mejoramiento.
- Cumplimiento o no de la obligación: por medio del presente ítem, se realizará un análisis con el fin de verificar si la empresa de servicios públicos de Tarso S.A E.S.P dio cumplimiento a la imposición o recomendación efectuada por parte de la autoridad ambiental; para esto se verificará el radicado ya sea del informe técnico donde se verifica o de la respuesta emitida por parte de las Empresas Públicas de Tarso para el cumplimiento.

- Requerimientos sin cumplimiento y propuesta de solución: después de contar con el consolidado de las obligaciones o recomendaciones, así como de verificar si se dio cumplimiento a estas, se generarán propuestas o alternativas que permitan dar cumplimiento a las mismas.

7. DESARROLLO DEL PROYECTO

7.1 Diagnóstico de las características de generación y manejo de los residuos sólidos de acuerdo con el Plan de gestión Integral de Residuos Sólidos PGIRS; así como las condiciones actuales de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo con lo establecido en el Decreto 838 de 2005

7.1.1 Diagnóstico de la generación, características, prevención, separación en la fuente, reutilización y aprovechamiento de los residuos generados de acuerdo con el PGIRS municipal.

7.1.1.1 Generación de residuos sólidos en el municipio de Tarso Antioquia.

En el municipio de Tarso Antioquia, se cuenta con 1.044 domicilios tanto residenciales como no residenciales, estos cuentan con una cobertura del servicio de aseo del 100%. Los usuarios residenciales, están clasificados así según el estrato: 303 usuarios en estrato 1, 443 en el estrato 2, 158 usuarios en estrato 3, 6 usuarios en estrato 4, 5 usuarios en estrato 5 y por último 31 usuarios en el estrato 6.

Tabla 4: Usuarios servidos y facturados por el servicio de aseo.

Tipo de usuario	Número de domicilios (V)	Número de usuarios servidos (U)	Número de usuarios facturados (Ufac)
Usuario residencial (i)			
Estrato 1	303	303	303
Estrato 2	443	443	443
Estrato 3	158	158	158
Estrato 4	6	6	6
Estrato 5	5	5	5
Estrato 6	31	31	31
Usuario no residencial			
Pequeños productores (Industriales y comerciales)	76	76	76
Pequeños productores (Oficiales)	20	20	20
Grandes Productores (Industriales y comerciales)	2	2	2
Grandes Productores (oficiales)	0	0	0

Especiales	0	0	0
TOTAL	1.044	1.044	1.044

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, municipio de Tarso 2.016.

Entre tanto, los usuarios no residenciales, se dividen en 76 usuarios pertenecientes a pequeños productores (industriales y comerciales), 20 más pequeños productores (oficiales) y 2 usuarios grandes productores (industriales y comerciales).

De los usuarios relacionados anteriormente, se genera una cantidad de 48.000 kg mensuales, o 48 toneladas/año; de estos, los usuarios de tipo domiciliario generan una cantidad de 42.662 kg/mes; los usuarios de tipo comercial generan una cantidad de 3.926 kg/mes, 45 kg/ mes industrial, 1.332 kg/mes institucional u oficial y 35 kg/mes de carácter especial (PGIRS TARSO.PDF 2016).

Tabla 5: Producción total de residuos sólidos kg/mes.

Tipo de edificación	N° de Edificaciones	Residuos sólidos kg/mes	Producidos
Domiciliares	946	42.662	
Comerciales	76	3.826	
Industriales	2	45	
Oficiales	20	1.332	
Especiales	0	35	
TOTAL	1.044	48.000	

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, municipio de Tarso 2.016.

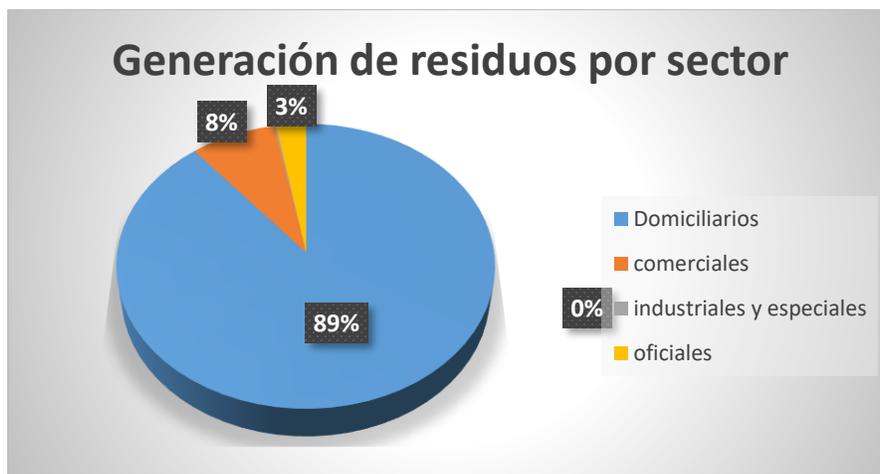


Figura 2: Generación de residuos por sector, según Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. fuente: PGIRS 2.016.

7.1.1.2 Producción Per cápita de Residuos Sólidos.

Según el PGIRS del municipio de Tarso Antioquia, la producción per cápita de residuos sólidos por habitante día obedece a una cantidad de 0,47 kg/hab-día; según el cálculo efectuado de la cantidad total de residuos sólidos generados en kg/mes, sobre la cantidad de habitantes usuarios del sistema de aseo.

$$PPC = \frac{R.S \text{ generados}}{\text{Habitantes}} =$$

$$PPC = \frac{48.000 \text{ kg/mes}}{3.343 \text{ hab.}} = 14,36 \div 30 \text{ días} = 0,47 \frac{\text{kg}}{\text{hab} - \text{día}}$$

Ahora bien, los residuos generados se clasifican en orgánicos fácilmente biodegradables, inorgánicos y otros aprovechables; en los residuos de tipo orgánico, se generan 25,92 ton/mes de residuos de alimentos; 0,96 ton/mes de podas y corte de prado, otros como tierra 1,92 ton/mes. Respecto a los inorgánicos se genera una cantidad de 4,32 ton/mes de papel y cartón, 2,88 ton/mes de vidrio, 5,28 ton/mes de plástico y 0,672 ton/mes de metales; mientras que de residuos no aprovechables se genera una cantidad de 5,568 ton/mes (PGIRS TARSO 2016).

Tabla 6: Caracterización física de residuos sólidos.

Tipo de material o residuo	Residuos sólidos producidos por componente	
	ton/mes	
	Orgánicos Biodegradables	
Residuos de alimentos		25,92
Podas y corte de prado		0,96
Otros (tierra, otros)		1,92
	Inorgánicos	
Papel y cartón		4,32
Vidrio		2,88
Plástico		5,77
Metales		0,67
	No aprovechables	
No Aprovechables		5,56
TOTAL		48,00

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, municipio de Tarso 2.016.

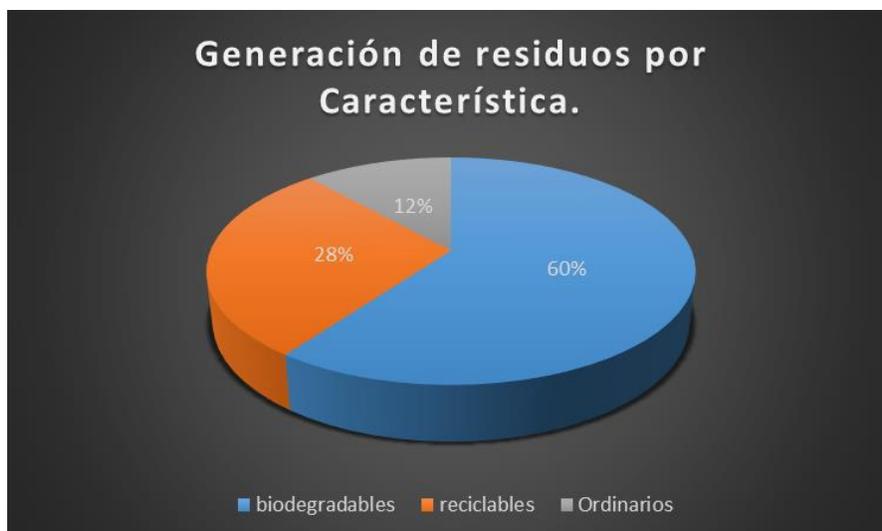


Figura 3: Generación de Residuos Sólidos por características, según Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Fuente: PGIRS 2016.

7.1.1.3 Actividades comunitarias para promover la reducción de residuos sólidos en el municipio de Tarso Antioquia.

A nivel institucional se han desarrollado actividades de tipo educativo, incentivando el reciclaje y reuso de materiales. La administración Municipal brindó acompañamiento y capacitación al grupo encargado de las actividades de aprovechamiento de residuos, brindándoles espacios de capacitación a través del Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) y Corantioquia, en lo relacionado con todas las actividades propias del aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos, la administración brindó el apoyo de facilitar el transporte del material aprovechado (cartón, vidrio, plástico y chatarra), manejo técnico operativo de los distintos componentes técnicos del sistema. Además, propició que las personas dedicadas a la labor de reciclaje prestaran sus servicios como operarios en actividades propias de la prestación del servicio de aseo, fue así como los mismos se convirtieron en operarios de barrido y limpieza de calles y vías públicas, lo anterior, hasta mediados del año 2007, donde no se dio continuidad a la recolección selectiva de los residuos, situación que influyó para que muchos usuarios del servicio no se preocuparan en mayor medida de realizar separación en la fuente y

continuar con las tareas de reciclaje; siendo evidente que dicha estrategia se encuentra inactiva en el momento. Por otra parte, se ha realizado instalación de canecas en lugares estratégicos de la zona urbana, con el fin de brindar posibilidades a los transeúntes de depositar los residuos a lo largo del recorrido (*PGIRS TARSO 2016*).

7.1.1.4 Recolección y transporte de los Residuos Sólidos Urbanos.

En el área urbana, se cuenta con una cobertura de recolección de residuos sólidos del 100%, de manera selectiva y frecuencia de recolección los lunes y jueves para recolección de los residuos de tipo orgánico; mientras que los martes y viernes se realiza recolección de los residuos inorgánicos.

Por otra parte, en el municipio de Tarso, no se cuenta con estaciones de transferencia, razón por la que los residuos sólidos generados son transportados a través del vehículo recolector hasta el relleno sanitario Los Guayacanes que se ubica a 3 kilómetros de distancia del casco urbano y donde son esparcidos, compactados y cubiertos con una capa de tierra.

En el mismo sentido, se realiza recolección en dos micro-rutas; la primera de ellas inicia en la calle 21, con carrera 20, en el sector denominado La Máquina, donde recoge los residuos orgánicos del barrido semanal, seguidamente, continúa su recorrido hasta el cruce de la carrera 20, donde voltea hacia la izquierda para tomar la carrera 20 nuevamente hasta llegar al barrio Quebrada Larga donde gira y retorna a la carrera 20; allí realiza un giro en dirección a la calle 20, hasta el cruce de la carrera 19 donde es tomada en reversa hasta la terminación de esta; luego se devuelve y continúa por la carrera 19 hasta el cruce con la calle 20; voltea a la derecha hacia esta misma calle hasta el cruce con la carrera 20 donde voltea a la izquierda en la dirección mencionada y continúa hasta el cruce de la calle 17 donde gira a la derecha recorriendo una cuadra más y cogiendo por la carrera 19 hasta el cruce de la calle 20, volteando a la derecha y bajando una cuadra para girar

nuevamente a la derecha tomando la carrera 18 hasta la escuela urbana y tomando finalmente la carretera pavimentada que conduce al relleno sanitario para la disposición final.

La segunda micro-ruta, inicia el recorrido en el cruce de la calle 17 con carrera 19, tomando la carrera 19 y subiendo hasta el sector EL Rancho, donde reversa y toma la carrera 20 hasta el barrio La Virgen donde retorna nuevamente a la carrera 20 hasta el cruce con la calle 16, donde voltea a la derecha para continuar en dirección a la misma calle hasta llegar al cruce de la carrera 21, girando a la derecha y devolviéndose en reversa hasta la finalización de esta en el cruce con la calle 19; de ahí continúa en reversa hasta el cruce con la calle 18 tomando dicha calle hasta el sector La Cancha, sitio donde voltea con dirección a la izquierda para bajar por la calle 19 hasta el cruce de la calle 20 girando a la derecha y bajando una cuadra; luego voltea nuevamente a la derecha tomando la carrera 18 hasta la escuela urbana y tomando la vía que conduce hasta el relleno sanitario para la disposición final (*PGIRS TARSO 2016*).

7.1.1.5 Aprovechamiento de residuos sólidos.

De los residuos generados en el municipio de Tarso Antioquia, un gran porcentaje orgánico es aprovechado de manera interna en cada hogar, ya sea como alimento de animales de granja o como abono en descomposición; aun así, a pesar de implementarse rutas de recolección selectiva, no existe aprovechamiento de residuos orgánicos; de tal manera, estos son depositados común y corriente en el relleno sanitario Los Guayacanes aprovechando un 0% de los residuos de este tipo.

En lo concerniente a los residuos reciclables, sólo se ha aprovechado por parte de un grupo de tres particulares ejerciendo actividades de reciclaje un 1,73 ton/mes, lo que representa un 12,7% del total de los residuos generados mensualmente con características aprovechables; de modo, que el 87,3% restante, va a parar al sitio de disposición final (*PGIRS TARSO 2016*).

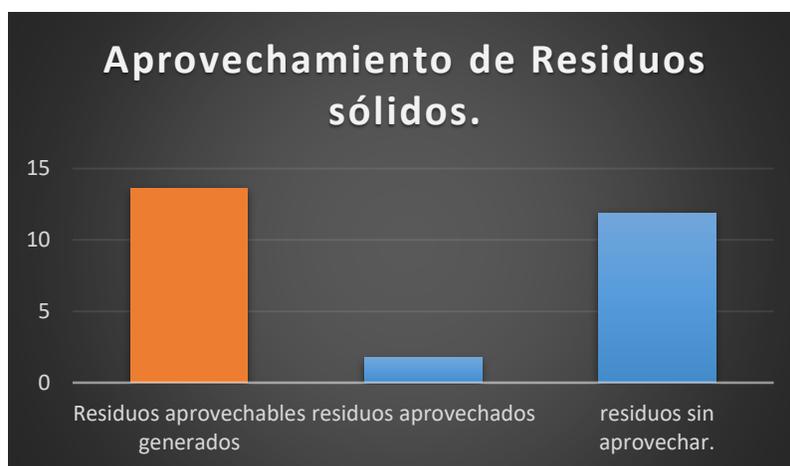


Figura 3: Aprovechamiento de residuos reciclables; fuente PGIRS municipio de Tarso Antioquia.

7.1.1.6 Identificación de recicladores, organizaciones y condiciones laborales.

Según en el PGIRS del municipio de Tarso Antioquia, actualmente no existe un comité de control social, conforme a lo establecido en la ley 142 de 1994, cuya labor es coadyuvar en la gestión de prestación de servicios públicos domiciliarios en la localidad; por esto, no se cuenta con organización alguna para fines de reciclaje, mientras que, si existen tres personas independientes dedicados a esta labor sin garantías laborales (PGIRS TARSO 2016).

Tabla 7: Organizaciones, recicladores y condiciones laborales.

Condición laboral	Nº de recicladores	Nº de recicladores con empleo formal.
Organización	0	0
Individual	3	0
TOTAL	3	0

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, municipio de Tarso 2.016.

7.1.1.7 Residuos sólidos especiales.

A nivel municipal, no se cuenta con programas de manejo de residuos sólidos especiales y tampoco existe información respecto a la caracterización, pesaje y medición de dichos residuos; de todos modos, se cuenta con información de generación de Residuos con características peligrosas RESPEL en el hospital San

Pablo; siendo gestionados a través de contratación directa con la empresa de Asesorías Ecológicas e Industriales (ASEI), identificada con NIT 800.201.648-7 y la cual cuenta con licencia ambiental para tal fin y cuya cantidad de generación es la siguiente (PGIRS TARSO 2016).

Tabla 8: Generación de RESPEL.

ENTIDAD	RESIDUOS PELIGROSOS				
	RIESGO BIOLÓGICO			QUÍMICOS	
	Biosanitarios kg/mes	Cortopunzantes kg/mes	Anatomopatológicos kg/mes	Fármacos	Reactivos
ESE Hospital San Pablo	241	15	11	Son entregados al laboratorio con anterioridad a la fecha de vencimiento	Son devueltos al proveedor
Droguería	2	1	No generan	Son entregados al laboratorio con anterioridad a la fecha de vencimiento	No generan
Droguería	2	1	No generan	Son entregados al laboratorio con anterioridad a la fecha de vencimiento	No generan
Droguería	2	1	No generan	Son entregados al laboratorio con anterioridad	No generan

Fuente: Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos, municipio de Tarso 2.016.

7.1.1.8 Residuos de construcción y demolición RCD.

Por otra parte, no se ha realizado hasta el momento, una caracterización de residuos de construcción y demolición (RCD) y tampoco se cuenta con un lugar de disposición final para este tipo de residuos, por eso, estos son depositados en el relleno sanitario e implementados para actividades de mantenimiento de vías terciarias o veredales (*PGIRS TARSO 2016.*).

7.1.2 Diagnóstico de operación del relleno sanitario Los Guayacanes, de acuerdo con el Decreto 838 de 2005.

7.1.2.1 Prohibición del ingreso de residuos peligrosos, si no existen celdas de seguridad en los términos de la normatividad vigente.

Al verificarse la información disponible del relleno sanitario Los Guayacanes como el manual de operación y mantenimiento, el documento de diseño y la licencia ambiental; se evidencia que no se ha establecido un programa de control para evitar el ingreso de residuos con características peligrosas (RESPEL) al sitio de disposición final; análogamente, en el PGIRS del municipio de Tarso Antioquia, se describe que no se cuenta con caracterizaciones de este tipo de residuos a excepción de los generados en el Hospital San Pablo que son gestionados a través de la empresa de Asesoría Servicios Ecológicos e Industriales (ASEI).

Teniendo en cuenta el no cumplimiento de la actividad descrita, se procede entonces a realizar valoración de la importancia de la afectación por riesgo como se presenta en la tabla 9.

Tabla 9: Valoración de impactos por riesgo de prohibición del ingreso de Residuos Peligrosos RESPEL al relleno Sanitario.

Valoración del impacto Ambiental (Conesa Fernández)

Medio: Social.

Elemento: Demográfico.

Impacto: Variación en los niveles de salubridad.

intensidad (IN)	Extensión (EX)	Persistenci a (PE)	Reversibilida d (RV)	Recuperabilida d (RP)
12	12	1	5	1
Se da un valor de 12 (Muy Alta) que representa una desviación del estándar fijado por la norma de hasta el 100%; si se tiene en cuenta que, en el momento no se han identificado los establecimientos ni la cantidad de generación de residuos peligrosos a nivel municipal y por lo que; al efectuarse una inadecuada gestión de estos, podrían parar al relleno sanitario y afectar la salud de la población. Además, según lo establecido por el Decreto 4741 de 2005, los RESPEL deben ser entregados a un gestor autorizado para brindar tratamiento y los establecimientos deberán	Se determinó un valor de 12 (Extensa) debido a que, si se tiene en cuenta que una mala disposición de residuos con características peligrosas es entregada a la ruta selectiva de recolección de residuos, este podría afectar la población en un área superior a 5 Hectáreas, toda vez, que el vehículo recolector realiza desplazamientos en el área urbana y finalmente se dirige hasta el sitio de disposición final que se ubica a 3 Kms de distancia en zona Rural del Municipio.	se valoró una persistencia de 1 (Fugas o efímero), con base a que, una vez realizada una mala o inadecuada disposición de residuos peligrosos en algún punto del municipio, el impacto sobre la salud humana permanecería por un periodo de tiempo inferior a 6 meses, podría ser incluso de 1 un día referente al tiempo en el cual se efectúa la recolección de los residuos sólidos en el municipio de Tarso.	Se da un valor de 5 (Largo Plazo) a la reversibilidad, considerando que, en el peor escenario posible, una persona que realice contacto con este tipo de residuos, puede sufrir enfermedades de las cuales no se puede establecer la peligrosidad o el tiempo por el que esta persona sufriría de la misma.	En este caso, se asigna un valor de 1 (Recuperable a corto plazo); teniendo en cuenta que, si se efectúan actividades de manejo ambiental adecuadas, como segregación en la fuente y almacenamiento bajo los requerimientos o condiciones especificadas por la normatividad, contratación con un gestor autorizado que brinde tratamiento, aprovechamiento o disposición final a este tipo de residuos; podría evitarse en un periodo inferior a 6 meses el posible impacto a generarse en caso contrario.

registrarse como generadores de estos de acuerdo a la resolución 1362 de 2007.

Importancia del impacto	IMPORTANCIA (I)= (3IN+2EX+PE +RV+RP)	Carácter negativo	
	IMPORTANCIA (I)=	Irrelevante	8
	3 (12) + 2 (12) + 1 + 5 + 1 =	Leve	Entre 9-20
	67	Moderado	Entre 21- 40
		Severo	Entre 41- 60
		Crítico	Entre 61- 80

7.1.2.2 Prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados.

Respecto a la prohibición de residuos líquidos o lodos contaminados al relleno sanitario en ninguno de los documentos disponibles se observó una alternativa de operación o manejo de este tipo de residuos. De igual modo, al revisarse el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Tarso Antioquia, no se identifican estrategias o programas de manejo de residuos líquidos como es el caso de los aceites de cocina usados ACU, pudiendo presentarse dicha situación a que la normatividad ambiental respecto a esta actividad, fue expedida en el año 2018, haciendo de esta una estrategia de control muy reciente en el país estableciendo además, un tiempo de adopción para los municipios de categoría 5ta y 6ta como es el caso del municipio de Tarso Antioquia hasta el año 2025.

Se procede por lo tanto a valorar la importancia de la afectación del impacto ambiental que pudiera generarse por riesgo como se indica en la tabla 10.

Tabla 10: Valoración de la importancia de la afectación por riesgo de la prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados.

Valoración del impacto Ambiental (Conesa Fernández)				
Medio: Físico				
Elemento: Agua.				
Impacto: Alteración fisicoquímica de la calidad de agua superficial.				
intensidad (IN)	Extensión (EX)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Recuperabilidad (RP)

12	1	1	1	1
<p>Se da un valor de 12 (muy alta) a la intensidad de la actividad que puede ser efectuada en el municipio de Tarso, puesto que la Resolución 316 de 2018, señala que bajo ninguna circunstancia se podrá verter residuos líquidos como es el caso de los aceites de cocina usados en las fuentes de agua superficial, alcantarillado o al suelo; sin embargo, por lo verificado en los diferentes documentos y las indagaciones realizadas, no se cuenta con programas de recolección y gestión de este tipo de residuos; siendo dispuestos de manera errada ya sea en las corrientes de agua superficiales, alcantarillados o el suelo; lo cual, representa una desviación</p>	<p>Para la extensión se relaciona una afectación de 1 (puntual) toda vez que se estima que existe un desconocimiento sobre la forma en la cual se dispone dichas sustancias; de manera tal, que en la mayoría de los casos puede estarse vertiendo sobre el alcantarillado municipal y tras pasar por la planta de tratamiento de aguas residuales domésticas, puede reducir su impacto en un área inferior a una Hectárea por los diferentes procesos de tratamiento en la misma dentro de los que se incluye la trampa de grasas.</p>	<p>Se considera una extensión de 1 (fugaz o efímera), pues se considera que el efecto en el recurso hídrico tras su aparición podría tardarse en recuperarse en un periodo inferior a 6 meses; esto teniendo en cuenta la capacidad de asimilación y recuperabilidad del agua; además de esto, se desconocen las cantidades vertidas como las corrientes hídricas que pudieran ser afectadas.</p>	<p>Se considera que el efecto causado por la actividad mencionada sobre algún cuerpo de agua puede ser asimilado por sus propios medios en un periodo inferior a un año; por lo que se da un valor de reversibilidad de 1 (Corto plazo).</p>	<p>El bien de protección natural puede ser recuperable en un periodo inferior a 6 meses; si se adoptan medidas de manejo ambiental por parte de los generadores de este tipo de residuos, de manera tal, que implementando medidas de gestión por parte de los generadores industriales, comerciales, de servicios y domésticos, se evitaría que se ocasionen impactos sobre el recurso hídrico, permitiendo al bien de protección retornar a sus condiciones iniciales de manera rápida.</p>

estándar de la norma de hasta un 100%

Importancia del impacto	IMPORTANCIA (I)= (3IN+2EX+PE +RV+RP)	Carácter negativo	
	IMPORTANCIA (I)=	Irrelevante	8
	3 (12) + 2 (1) + 1 + 1 + 1 =	Leve	Entre 9-20
	41	Moderado	Entre 21- 40
		Severo	Entre 41- 60
	Crítico	Entre 61- 80	

7.1.2.3 Pesaje y registro de cada uno de los vehículos que ingresan al relleno sanitario.

Según el programa de monitoreo y seguimiento del documento denominado diseño del relleno sanitario Los Guayacanes, se establece que “se deberá llevar un registro diario de los vehículos y la cantidad aproximada de residuos que ingresan a la celda especial para su disposición final del relleno”.

Por otro lado, en el programa de monitoreo y seguimiento del documento denominado diseño del relleno sanitario Los Guayacanes, se describe que “se deberá llevar un registro diario de los vehículos y la cantidad aproximada de residuos que ingresan a la celda especial para su disposición final del relleno”.

Al confrontar la información aportada por parte del señor Darío Ríos operario del relleno sanitario, pudo comprobarse que actualmente se cuenta con una báscula a la entrada del relleno sanitario, con el fin de realizar pesaje del vehículo vacío y cargado con los residuos sólidos a disponer en el mismo. Por lo tanto, se consideró que la presente actividad operativa es realizada de manera adecuada en el sitio de disposición final; además, porque se cuenta con el formato denominado “Planilla de disposición de residuos sólidos” en el cual se consigna la información requerida para esta actividad (ver anexo 5).

7.1.2.3 Cubrimiento diario de residuos.

Por lo verificado en el manual de operaciones y mantenimiento del relleno sanitario Los Guayacanes, se realiza cubrimiento de los residuos con una capa de tierra de 0,10 a 0,15 metros, se esparce con ayuda de carretillas de mano, palas y azadón y se compacta con un rodillo y pisones de mano, siguiendo el mismo procedimiento efectuado con la basura.

La cobertura diaria controla la presencia de insectos, roedores y aves, así como las quemadas, el humo, los malos olores, el ingreso de agua y la basura dispersa.

Se establece que el cubrimiento deberá realizarse todos los días al final de la jornada, después del ingreso de residuos. Al cabo, no deberán quedar RSM al descubierto y menos para el fin de semana y considera que no se debe ser exigente con la calidad del material de cobertura para un relleno sanitario manual; hay que aprovechar la tierra que se encuentre más accesible ya que es muy importante cubrir los desechos. La cantidad del material de cobertura necesario es de un metro cúbico de tierra por cada 4 ó 5 metros cúbicos de RS; es decir, entre 20 y 25% del volumen de residuos compactados.

La cobertura final será de 0,30 a 0,60 metros y se realizará en dos etapas, con capas de 0,15 a 0,30 metros y a intervalos de un mes, todo esto para tratar de cubrir los asentamientos que se produzcan en la superficie de la primera capa.

Para esto, según la licencia ambiental, se calcula la necesidad de alrededor de 5.446 m³ de material de cobertura para cubrir los residuos dispuestos, utilizando el material extraído de la excavación, así como de la trinchera y los taludes. se cubre con una capa de tierra de 0,10 a 0,15 metros, se esparce con ayuda de carretillas de mano, palas y azadón y se compacta con un rodillo y pisones de mano, siguiendo el mismo procedimiento efectuado con la basura.

La cobertura diaria controla la presencia de insectos, roedores y aves, así como las quemadas, el humo, los malos olores, el ingreso de agua y la basura dispersa. Por lo

tanto, esta es una actividad necesaria para la adecuada operación del relleno sanitario Los Guayacanes; con base en esto, se puede considerar que dicha actividad se encuentra cubierta adecuadamente y se desarrolla dentro del mismo; no obstante; por lo manifestado por parte del señor Darío Ríos, en el sitio de disposición no se cuenta con en el momento con el rodillo compactador; dado que el fabricado para dicho fin tiene un peso de aproximadamente 500 toneladas lo que lo hace inoperable.

7.1.2.4 Control de vectores y roedores.

Por la información indagada en el Estudio de Impacto Ambiental para el licenciamiento del Relleno Sanitario Los Guayacanes 2010, para el control de roedores, se debe realizar de manera adecuada las actividades de compactado y recubrimiento diario de los residuos dispuestos. Así como el empleo de venenos y cebos, estos deben colocarse en la periferia del relleno Sanitario dentro de un tubo de PVC sanitaria de 1.5", de modo que el roedor pueda ingresar al tubo, ingerir el cebo y salir nuevamente. Para el control de moscos, Se debe prevenir la acumulación de agua estancada mediante la nivelación del terreno y la cobertura de los residuos, así mismo al interior de este sitio no se deberá permitir el inadecuado almacenamiento de neumáticos y llantas. Para el control de insectos, El cubrimiento con la tierra debe ser el método principal. En cambio, como las moscas llegan con los residuos sólidos en los vehículos recolectores y en ocasiones resulta notoria su presencia, se recomienda fumigar el área del relleno, con la periodicidad que se requiera de acuerdo con las evaluaciones realizadas en cada periodo estacional; contrario a esto, según lo manifestado por parte del operario Sebastián Betancur, este proceso no se realiza actualmente en el vertedero.

Siendo así, se realiza valoración de la importancia de la afectación por riesgo como puede observarse en la tabla 11.

Tabla 11: Valoración de impactos ambientales por riesgo para el control de vectores y roedores.

Valoración del impacto Ambiental (Conesa Fernández)				
Medio: Social				
Elemento: Demográfico				
Impacto: Variación en los niveles de salubridad.				
intensidad (IN)	Extensión (EX)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Recuperabilidad (RP)
12	4	1	5	1
Se define una intensidad de 12 (muy alta) toda vez que en el Decreto 838 de 2005, se establece que se debe realizar control de vectores en los rellenos sanitarios, no obstante, este programa no se cumple en el relleno sanitario y por lo cual, se evidencia una desviación del estándar del 100% de la norma.	Se estima una afectación parcial en la extensión, pues, se desconoce el área que podría afectarse en caso de presentarse una contingencia por la presencia de vectores generados en el relleno sanitario; por lo que se considera que puede obedecer a un rango entre 1 y 5 hectáreas.	Se considera que, en caso de un brote de vectores en la comunidad, el efecto de dicha afectación puede ser inferior a 6 meses, puesto que, se propendería por dar solución inmediata a la problemática con el fin de no afectar la salud de los habitantes del municipio.	Se cree que, tras un brote de vectores en el relleno sanitario, de no establecerse medidas de mitigación, el efecto podría suponer una afectación permanente y de igual forma, un incremento en la población de la especie de vectores propagas.	Se estableció un valor de 1 (Recuperable a corto plazo) para la recuperabilidad, toda vez que al implementar medidas de manejo ambiental, se evita la propagación de vectores y en caso de presentarse, se podrán adoptar medidas como las implícitas en el estudio de diseño del relleno sanitario y la licencia ambiental para evitar que incremente la cepa de generación y actividades de fumigación con sustancias biodegradables de manera tal que no se impacte el medio ambiente y de manera especial la atmosfera, de manera tal que el efecto puede ser inferior a 6 meses.
Importancia del impacto	IMPORTANCIA (I)= $(3IN+2EX+PE)+RV+RP$ 3 (12) + 2 (4) + 1 + 5 + 1 = 51		Carácter negativo Irrelevante 8 Leve Entre 9-20 Moderado Entre 21- 40 Severo Entre 41- 60 Crítico Entre 61- 80	

En el Estudio de Impacto Ambiental para el licenciamiento del Relleno Sanitario Los Guayacanes 2010; se establece la realización de las siguientes medidas:

- Cobertura diaria con material inerte de los residuos sólidos depositados en el relleno, reduciendo significativamente los tiempos de exposición del material al medio, logrando así reducir la presencia de carroñeros y roedores.
- Cercamiento de las instalaciones del relleno para evitar la entrada de animales, tanto silvestres como domésticos.
- Colocación de cebos para moscas al interior del relleno sanitario para el control de roedores.
- Para el control de moscas, se realizará fumigaciones periódicas, por medio de la contratación de una empresa especializada. Las sustancias empleadas para las fumigaciones deben ser biodegradables y selectivas, es decir, que solo afecten la plaga o vector identificado.
- Se realizarán registros diarios de verificación de la presencia de vectores y plagas en los formatos establecidos según el anexo 2 del citado Estudio de Impacto Ambiental.
- Verificar el cumplimiento del cronograma de fumigación establecido en el plan operativo del Relleno sanitario. (ver anexo 3 y 4: formato de verificación presencia de vectores y formato de seguimiento de actividades de control y erradicación).

De forma general, por la información aportada por otro de los operarios Augusto Valles, en el momento no se realizan las fumigaciones periódicas, el cerco con que cuenta actualmente el vertedero obedece a un cerco en alambre de púas que no impide el ingreso de animales domésticos y no han realizado actividades de adecuación de trampas de cebo ni tampoco se lleva control diario mediante los formatos relacionados y, de hecho, no se tiene conocimiento de los mismos.

7.1.2.5 Control de gases y las concentraciones que los hacen explosivos.

En cuanto al control de gases y de las concentraciones que los hacen explosivos, por lo establecido en la licencia ambiental; en el relleno sanitario Los Guayacanes,

se construyeron 6 chimeneas, elaboradas en Jaula de malla y alambre de púas con 4 puntales de madera, llena con piedra de bola o grava (1"- 4") y tubería de 6" de diámetro y con dimensiones de 0,5 m por 0,5 m instaladas sobre el sistema de drenaje en espina de pescado.

Mientras tanto, en el documento de diseño del relleno sanitario, se relaciona que con el fin de minimizar las emisiones de gases como el metano (CH₄) y los compuestos orgánicos volátiles (VOC's), el sistema debe realizar la combustión in situ del biogás generado, para esto, se emplearán chimeneas en hierro galvanizado instaladas en la cabecera de cada pozo. Además, teniendo en cuenta que al interior del relleno sanitario las condiciones son anaerobias y por lo tanto se carece de una atmósfera combustible, pero con el fin de minimizar riesgos, se instalaron atrapa llamas en las chimeneas de los pozos.

Así mismo, en el manual de operación y mantenimiento, debido a los asentamientos del relleno y al tránsito vehicular por encima de las celdas y terraplenes ya terminados, las chimeneas de gases se van deformando e inclinando; de ahí que sea necesario mantenerlas verticales a medida que se eleva el nivel del relleno con el fin de evitar su obstrucción y total deterioro.

A pesar de lo anterior, en el informe técnico 130CA-13130 del 03 de mayo de 2010, por el cual se evalúa la información del Estudio de Impacto Ambiental del Relleno Sanitario Los Guayacanes por parte de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- Corantioquia, dentro de los planes de manejo ambiental se encuentra el programa de control de efectos atmosféricos, de partículas de polvo, ruido y gases; en el que se manifiesta que se evitará la exposición directa de los residuos a la intemperie, excepto durante la descarga, acomodación y compactación de los residuos en la celda; de cualquier modo, las áreas del relleno diferentes al frente de trabajo deben permanecer cubiertas; para ello, se deberá colocar la capa de cobertura como se especifica en el documento de diseño y en el manual de operaciones. De igual forma se enuncia el refuerzo de la barrera viva

(rompeolores) existente, que evite que los olores trasciendan el área del relleno sanitario.

En efecto, para el control de las emisiones de biogás, se realizaría una adecuada separación de los residuos sólidos inertes, reciclables, y orgánicos desde la fuente, con el fin de que al relleno sanitario solo sean dispuestos los residuos ordinarios y disponer en él la menor cantidad de residuos orgánicos y evitar así el incremento de la producción de biogás.

En el programa de monitoreo ambiental, se propuso realizar monitoreo y control de gases semestralmente de la calidad atmosférica en los parámetros establecidos por el Decreto 838 de 2005. En cambio, según lo evaluado en el informe técnico 130CA-13130 del 03 de mayo de 2010, se deja claro, que teniendo en cuenta que se trata de un relleno sanitario manual, que atiende una pequeña población, no se considera necesario realizar este tipo de monitoreo, pues técnicamente es difícil realizar dicha actividad con base al bajo caudal del gas resultando bastante costoso.

7.1.2.6 Control del acceso al público y prevención del tráfico vehicular no autorizado y de la descarga ilegal de residuos.

Por lo averiguado en la documentación como el Estudio de Impacto Ambiental (EIA), el manual de operación y mantenimiento, el documento de diseño del Relleno Sanitario Los Guayacanes y la resolución 130CA-1104-6662 de otorgamiento de la licencia ambiental; sólo en el Estudio de Impacto Ambiental relacionado, se indica que el terreno se encuentra protegido de manera perimetral con un cerco de alambre de púas; pero no se especifica en ninguno de los documentos analizados, estrategias de control de acceso al público y de prevención del tráfico vehicular no autorizado y de la descarga ilegal de residuos; tampoco se identifican los planes y programas para tal fin en los documentos evaluados; por esto, es claro que no se efectúan actividades de control de acceso al público y por ende se procede a valorar

la importancia de la afectación Ambiental por riesgo como se denota en la tabla N° 12.

Tabla 12: Valoración de la importancia de la afectación por riesgo de acceso de al público y vehicular al relleno sanitario.

Valoración del impacto Ambiental (Conesa Fernández)				
Medio: Social.				
Elemento: Demográfico.				
Impacto: Variación en los niveles de salubridad.				
intensidad (IN)	Extensión (EX)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Recuperabilidad (RP)
12	1	5	5	1
Teniendo en cuenta que se debe tener un control de acceso al público y vehículos externos a la compañía y considerando que este no se contempla en ninguno de los documentos analizados; puede determinarse una desviación estándar de la norma del 100% o mayor.	La extensión se considera puntual; teniendo en cuenta que el efecto de afectación a la salubridad de las personas se daría en el lugar, debido al ingreso de personal no autorizado y que pueden acceder sin contar con las medidas de protección personal.	Se considera una persistencia constante, dado que de presentarse a alguna persona ya sea por olores, insectos, cortadas o bilógicas por el contacto con algún elemento sin las medidas de protección, podrían adquirirse enfermedades que podrían ser incluso indefinidas.	La reversibilidad se estima ser a largo plazo, puesto que la afectación causada a algún individuo podría ser permanente en el peor escenario, dificultando la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales.	Se considera que, al implementarse medidas ambientales como el control del acceso al relleno sanitario, la afectación se reduciría a su máxima expresión.
Importancia del impacto	IMPORTANCIA (I)= (3IN+2EX+PE +RV+RP)		Carácter negativo	
	3 (12) + 2 (1) + 5 + 5 + 1 =		Irrelevante	8
	49		Leve	Entre 9-20
			Moderado	Entre 21- 40
			Severo	Entre 41- 60
		Crítico	Entre 61- 80	

7.1.2.7 Prohibición de la realización de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno.

En los documentos de información disponibles como el EIA, la licencia ambiental, documento de diseño y manual de operaciones y mantenimiento del relleno sanitario, no se encuentra información disponible acerca de la prohibición de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno, de igual forma, al verificarse el informe técnico 130CA-13130 del 03 de mayo de 2010, por el cual se evalúa licencia ambiental del sitio de disposición final, se requiere al municipio de Tarso Antioquia para que se anexe información correspondiente, dentro de la que se encuentra el ítem relacionado; al verificar la información presentada por parte del nombrado municipio, este anexa el documento de diseño, el estudio de impacto ambiental y el manual de operaciones del relleno sanitario, pero con estos, no se evidencia dicha información como se indicó anteriormente.

Por dicha situación, se identifica que como en el momento no se realiza una adecuada separación en la fuente de los residuos sólidos y por el bajo porcentaje de aprovechamiento de los mismos, estos son dispuestos de manera conjunta al relleno sanitario, evitando que se efectúe dicha actividad en los frentes de trabajo, pero si, puede generar una colmatación acelerada del sitio de disposición final y a causa de esto, se procede a valorar la importancia de la afectación por riesgo en caso tal que la citada actividad operacional se estuviera incumpliendo.

Tabla 13: Valoración de la importancia de la afectación por riesgo de actividades de reciclaje en los frentes de trabajo.

Valoración del impacto Ambiental (Conesa Fernández)

Medio: Físico/Social
Elemento: Aire/ demográfico
Impacto: Incremento en las emisiones de gases y material particulado/
Variación en los niveles de salubridad.

intensidad	Extensión	Persistencia	Reversibilidad	Recuperabilidad
(IN)	(EX)	(PE)	(RV)	(RP)
12	1	5	5	1

Se considera una intensidad muy alta, pues se denota una desviación estándar del 100% o mayor de la norma en caso de realizarse actividades de reciclaje en los frentes de trabajo; si se tiene en cuenta que el decreto 838 de 2005, prohíbe de manera expresa tales actividades.	La extensión de la afectación sería puntual, es decir, inferior a una Hectárea, puesto que se trata de una actividad efectuada en el sitio de disposición final que podría afectar puntualmente la salubridad de las personas que pueden ser afectadas en el mismo sitio, entre tanto, el material particulado que pueda emitirse difícilmente alcanzaría una extensión mayor.	Es posible determinar que una alteración a la atmosfera por material particulado podría incidir en el mismo en un periodo inferior a 6 meses, pero en el caso de la ocurrencia de una afectación física a personas que se encuentren realizando actividades de reciclaje en el área de trabajo podría dejar secuelas en la persona de por vida.	De igual forma, se considera que la afectación por material particulado podría ser recuperable en un periodo inferior a 6 meses, pero en el caso de una afectación física podría ser permanente.	Empleando medidas ambientales como las relacionadas en las estrategias, podría minimizarse la posibilidad de ocurrencia de un evento accidental, mientras que las emisiones de material particulado podrían ocurrir aun con las medidas pero supondría un periodo de retorno a sus condiciones iniciales en un periodo inferior a 6 meses.
Importancia del impacto	IMPORTANCIA (I)= (3IN+2EX+PE +RV+RP)		Carácter negativo	
	3 (12) + 2 (1) + 5 + 5 + 1 =		Irrelevante	8
	49		Leve	Entre 9-20
			Moderado	Entre 21- 40
			Severo	Entre 41- 60
		Crítico	Entre 61- 80	

7.1.2.8 Condiciones establecidas en el permiso de vertimiento para la descarga, directa e indirecta, del efluente del sistema de tratamiento de lixiviados, en los cuerpos de agua, tanto subterránea como superficial.

Por parte del municipio de Tarso dentro del documento de diseño Estudio de Impacto Ambiental del Relleno sanitario, se planteó la construcción de un sistema de recolección y drenaje de lixiviados, consistente en una red horizontal de zanjas

de piedra, interrumpidas con pantallas del mismo terreno y tubería de 6" de diámetro perforada por una cara para conducir los lixiviados hasta una caja de inspección rectangular, fabricada en fibra de vidrio con una longitud de 2.2 metros y con reja de cribado para retención de sólidos, contendría también, un vertedero tipo triangular para medición de caudal de lixiviados, un by-pass y posteriormente un sistema tratamiento a los lixiviados generados a través de un Reactor Anaerobio, compuesto por un tanque séptico- sedimentador y Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente- FAFA; al final de este, se tendría un nuevo by-pass que descargaría el efluente a un filtro de roca recubierto con geotextil o membrana en un terreno aledaño al relleno.

Ahora bien, en el informe técnico 130CA-13130 del 03 de mayo de 2010, se recomienda para el tratamiento de los lixiviados generados en el relleno sanitario, realizar recirculación del lixiviado, en vez de construir un sistema de tratamiento de lixiviados tratándose de un relleno sanitario manual y que es una población relativamente pequeña.

Dentro de la licencia ambiental otorgada con resolución 130CA-1104-6662 y en su artículo segundo se otorgó permiso de vertimientos puntual al suelo para las actividades domésticas e industriales, al municipio de Tarso- Antioquia con Nit 890.982.583-4 para desarrollar el proyecto "RELLENO SANITARIO LOS GUAYACANES, en las coordenadas 808.086 Norte y 1.140.957 Este, a la altura de 1239 m.s.n.m; vertimiento que será realizado al suelo a través de pozo de absorción, luego de ser tratado por sistema de tratamiento secundario, compuesto por tanque séptico y filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA), con un caudal de diseño de 0,082 l/s y en el párrafo 1° establece que las caracterizaciones al sistema de tratamiento de lixiviados y de aguas residuales domésticas y a la fuente la batea se realizarán con los parámetros y frecuencias establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental y se deberá efectuar y entregar a la Corporación una vez se establezca el sistema.

Al realizarse una revisión de los planes y programas del EIA, se estableció dentro del programa de manejo de lixiviados y aguas residuales, las medidas para la recolección, manejo, tratamiento y disposición de lixiviados dentro de las etapas o fases de operación y clausura como medidas de mitigación y compensación para evitar la contaminación de acuíferos, aporte de sustancias tóxicas a las fuentes hídricas y aporte de sustancias contaminantes al suelo y se establecieron medidas de seguimiento y monitoreo para lo cual se realizaría caracterización a la quebrada La Batea, pero como este cauce es carácter transitorio o semipermanete, se debe efectuar dicha caracterización en épocas de invierno, cuando haya flujo y midiendo como parámetros mínimos pH, Conductividad eléctrica, Oxígeno disuelto, metales pesados, Demanda Química de Oxígeno (DQO), amoniacó y Nitrito, con una frecuencia semestral; en el mismo sentido, se propone una caracterización de los lixiviados, donde se analizarán como mínimo los siguientes parámetros pH, Oxígeno Disuelto, Metales pesados, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de oxígeno y Sólidos Suspendidos Totales con una periodicidad anual.

Se procede a realizar la valoración de la importancia de la afectación ambiental por riesgo, pues, por lo evidenciado en la documentación revisada, las actividades mencionadas no se han venido efectuando.

Tabla 14: Valoración de la Importancia de la afectación ambiental por riesgo para las actividades de monitoreo establecidas dentro del permiso de vertimiento.

Valoración del impacto Ambiental (Conesa Fernández)

Medio: Físico

Elemento: Agua

Impacto: Alteración fisicoquímica y bacteriológica de la calidad de agua superficial.

intensidad (IN)	Extensión (EX)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Recuperabilidad (RP)
8	1	1	1	1
Se considera una intensidad alta, puesto que en el relleno sanitario no se están efectuando las debidas	Se estima una extensión inferior a una hectárea de la afectación que pueda sufrir el cuerpo de	Por la cantidad del vertimiento generado, como la posible calidad del mismo, se estima que la	Se estableció que, por las condiciones ambientales relacionadas anteriormente, el recurso hídrico	El recurso hídrico podría recuperarse aun de mejor manera en un periodo inferior a 6 meses, es decir, recuperable a corto tiempo; teniendo en

caracterizaciones establecidas tanto en el decreto 838 de 2005 como en la Resolución 130CA-1104-6662 por la cual se otorga una licencia ambiental, lo cual supone una desviación del 100% de la norma. Sin embargo, la corriente de agua no se encuentra clasificada como tipo I de acuerdo al artículo 205 del decreto 1541/1978; tampoco se encuentra dentro de las actividades y prohibiciones establecidas en los artículos 24 y 25 del decreto 3930 de 2010.	agua, puesto que, si bien se desconoce la calidad de agua vertida y la capacidad de asimilación de la corriente hídrica de acuerdo con las características del vertimiento, se supone que tras el tratamiento la quebrada puede asimilar de mejor manera el vertimiento.	afectación que pudiera tener lugar, podría permanecer en el entorno por de manera fugaz o efímera, es decir, una duración inferior a 6 meses; teniendo en cuenta además lo relacionado anteriormente, que el vertimiento podría asimilarse por el cuerpo de en dicho periodo de tiempo debido a la capacidad de oxigenación del mismo por las zonas escarpadas donde se ubica y por donde fluye el cauce mencionado.	podría asimilar por sus propios medios el vertimiento generado en un corto plazo o para este caso, un periodo medible de un año.	cuenta que al efectuarse las debidas caracterizaciones en la periodicidad establecida; podría conocerse el estado tanto del vertimiento como de la calidad de agua de la corriente; permitiendo así tomar acciones oportunas en caso de evidenciarse alguna alteración o impacto negativo.
Importancia del impacto	$\text{IMPORTANCIA (I)} = (3\text{IN} + 2\text{EX} + \text{PE} + \text{RV} + \text{RP})$ $3(8) + 2(1) + 1 + 1 + 1 = 29$		Carácter negativo Irrelevante 8 Leve Entre 9-20 Moderado Entre 21- 40 Severo Entre 41- 60 Crítico Entre 61- 80	

7.1.2.9 Caracterización anual de los residuos sólidos de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el Numeral F.1.4.3 del Título F del RAS o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.

Por lo indagado en el Plan de seguimiento y monitoreo ambiental del Estudio de Impacto Ambiental del relleno sanitario Los Guayacanes, serán tenidos en cuenta

El monitoreo de la calidad de las aguas superficiales, monitoreo de lixiviados, monitoreo de estabilidad de celdas, Monitoreo a la gestión social y Monitoreo de la señalización. Es decir, no se tuvieron en cuenta la totalidad de los dispuestos en el Decreto 838 del 2005 y como es obvio, no se realiza la respectiva caracterización anual de los residuos sólidos como se encuentra establecido en el título F del Reglamento Técnico para el Sector Agua Potable y Saneamiento Básico.

7.1.2.10 Monitoreo mensual de la señalización presentada en el programa de monitoreo.

En el caso de la señalización, en el plan de manejo ambiental se contemplan las siguientes estrategias:

- el personal debe tener chalecos con franjas o cintas reflectivas en sus uniformes.
- Todas las excavaciones deben estar demarcadas con cintas plásticas.
- Deben existir señales que adviertan al personal y visitantes sobre los peligros asociados a las actividades realizadas en las áreas de trabajo.
- Señales en la vía de ingreso informando la salida y entrada de volquetas.
- El área de clausura debe estar debidamente señalizada con el fin de restringir el ingreso, en esta área, además se deben señalar los pozos de monitoreo.

Instalar señales reglamentarias, como la restricción de acceso vehicular a zonas de operación, control y velocidad.

De modo contrario, aunque las actividades relacionadas se encuentran establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental, no se realiza un control de estas, por este motivo, se han realizado requerimientos por parte de la autoridad ambiental para garantizar el cumplimiento de la misma; conllevando a realizar la valoración de la importancia de la afectación ambiental por riesgo como se evidencia en la siguiente tabla.

Tabla 15: Valoración de la importancia de la afectación ambiental por no efectuar las actividades establecidas en el plan de control de la señalización.

Valoración del impacto Ambiental (Conesa Fernández)

Medio: Social

Elemento: Demográfico.

Impacto: Variación en los niveles de salubridad.

intensidad (IN)	Extensión (EX)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Recuperabilidad (RP)
12	1	5	5	1
Dentro del Decreto 838 de 2005, se establece que se debe monitorear de manera mensual la señalización establecida en el programa de monitoreo; sin embargo, actualmente dicha actividad no se desarrolla en el relleno sanitario del municipio de Tarso, lo que supone una desviación estándar de la norma de hasta el 100%.	Las afectaciones que puedan ocurrir en la presente valoración por riesgo pueden darse de manera puntual en las instalaciones del relleno sanitario debido a no realizar el adecuado monitoreo de las mismas y que pueden causar accidentes tanto en el personal que labora en el sitio de disposición final, como a los transeúntes por la zona de influencia.	Se estima una afectación persistente o constante, pues se supone una alteración indefinida en el tiempo, teniendo en cuenta que las afectaciones que puede causar la inadecuada señalización pueden afectar la integralidad de las personas de manera severa.	Se considera una alteración a largo plazo, pues de no verificarse que se esté cumpliendo con las medidas adecuadas; podrían ocurrir sucesos que por sus propios medios podría tardar plazos superiores a 10 años en los escenarios más desfavorables.	La alteración puede ser recuperable a corto plazo en caso de implementarse las medidas ambientales adecuadas y sobre todo, para el caso en particular, la verificación del cumplimiento de las mismas y de la existencia de estas, de manera tal que se eviten sucesos que puedan causar accidentes o lesiones tanto al personal como a las personas que transitan por la zona de influencia.
Importancia del impacto	IMPORTANCIA (I)= (3IN+2EX+PE +RV+RP) 3(12) + 2(1)+5+5+1= 49		Carácter negativo	
			Irrelevante	8
			Leve	Entre 9-20
			Moderado	Entre 21- 40
			Severo	Entre 41- 60
			Crítico	Entre 61- 80

7.1.2.11 Control y monitoreo al sistema de compactación de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en el Numeral F.6.6.4 del Título F del RAS o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.

En este caso, los sistemas de compactación corresponden a los vehículos recolectores de los residuos sólidos. Siendo dicha situación no tenida en cuenta dentro del estudio de Impacto Ambiental, consecuencia que al momento de la solicitud de la licencia ambiental, estos se recogían en vehículo tipo volqueta; aun así, dentro del mismo se propone la adquisición de un vehículo con estas características a lo que la autoridad ambiental responde en el informe técnico de evaluación, que esto no formaba parte de un requerimiento por parte de la misma, siendo decisión exclusiva del municipio de Tarso la adquisición de este; de todos modos, en la actualidad, dicha actividad se realiza en un vehículo recolector con las características de las que habían al momento de solicitarse la licencia ambiental.

7.2 Formulación de estrategias operacionales del relleno sanitario Los Guayacanes

7.2.1 Prohibición del ingreso de residuos peligrosos, si no existen celdas de seguridad en los términos de la normatividad vigente.

Teniendo en cuenta lo contemplado en el Decreto 4741 de 2005 “por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral”, se formulan las siguientes estrategias o alternativas de operación para evitar el ingreso de este tipo de materiales al relleno sanitario Los Guayacanes:

- Identificar los establecimientos generadores de residuos con características peligrosas, para lo cual, se debe contar con el apoyo de la oficina local de la seccional de salud, es decir el técnico de inspección sanitaria.

- Realizar campañas a través de recorridos a nivel local que permita identificar dichos establecimientos, así como sensibilizar a los generadores de RESPEL identificados sobre la importancia social y ambiental de gestionar de manera adecuada dichos residuos, de acuerdo con las obligaciones para los municipios establecidas en el artículo 25° del mencionado Decreto.
- De manera articulada con la Autoridad Ambiental y de salud competentes, realizar verificación de que los generadores de residuos peligrosos en el municipio de Tarso se encuentran dando cumplimiento a las obligaciones establecidas en el artículo 10° del Decreto 4741 de 2005, dentro de las que se encuentran:
 - garantizar la gestión y manejo integral de los residuos o desechos peligrosos que generan a través de gestores de residuos o desechos peligrosos que cuenten con la respectiva licencia ambiental.
 - Elaborar un plan de gestión integral de los residuos o desechos peligrosos que genere, tendiente a prevenir la generación, la reducción en la fuente, así como, minimizar la cantidad y peligrosidad de lo mismo. En este plan, deberá igualmente documentarse el origen, cantidad, características de peligrosidad y manejo que se dé a los residuos o desechos peligrosos. Este plan no requiere ser presentado a la autoridad ambiental, no obstante, lo anterior, deberá estar disponible para cuando ésta realice actividades propias de control y seguimiento ambiental.
 - Identificar las características de peligrosidad de cada uno de los residuos o desechos peligrosos que genere, para lo cual podrá tomar como referencia el procedimiento establecido en el artículo 7 del presente decreto, sin perjuicio de lo cual la autoridad ambiental podrá exigir en determinados casos la caracterización físico-química de los residuos o desechos si así lo estima conveniente o necesario.
 - Garantizar que el envasado o empacado, embalado y etiquetado de sus residuos o desechos peligrosos se realice conforme a la normatividad vigente.
 - Dar cumplimiento a lo establecido en el Decreto 1609 de 2002 o aquella norma que la modifique o sustituya, cuando remita residuos o desechos peligrosos para ser

transportados. Igualmente, suministrar al transportista de los residuos o desechos peligrosos las respectivas Hojas de Seguridad.

- Registrarse ante la autoridad ambiental competente por una sola vez y mantener actualizada la información de su registro anualmente, de acuerdo con lo establecido en el artículo 27 del presente decreto y en la resolución 1362 de 2007.
- Capacitar al personal encargado de la gestión y el manejo de los residuos o desechos peligrosos en sus instalaciones, con el fin de divulgar el riesgo que estos residuos representan para la salud y el ambiente, además, brindar el equipo para el manejo de estos y la protección personal necesaria para ello.
- Contar con un plan de contingencia actualizado para atender cualquier accidente o eventualidad que se presente y contar con personal preparado para su implementación. En caso de tratarse de un derrame de estos residuos el plan de contingencia debe seguir los lineamientos del Decreto 321 de 1999 por el cual se adopta el Plan Nacional de Contingencia contra Derrames de Hidrocarburos, Derivados y Sustancias Nocivas en aguas Marinas, Fluviales y Lacustres o aquel que lo modifique o sustituya y para otros tipos de contingencias el plan deberá estar articulado con el plan local de emergencias del municipio.
- Conservar las certificaciones de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento o disposición final que emitan los respectivos receptores, hasta por un tiempo de cinco (5) años.
- Tomar todas las medidas de carácter preventivo o de control previas al cese, cierre, clausura o desmantelamiento de su actividad con el fin de evitar cualquier episodio de contaminación que pueda representar un riesgo a la salud y al ambiente, relacionado con sus residuos o desechos peligrosos. k) Contratar los servicios de almacenamiento, aprovechamiento, recuperación, tratamiento y/o disposición final, con instalaciones que cuenten con las licencias, permisos, autorizaciones o demás instrumentos de manejo y control ambiental a que haya lugar, de conformidad con la normatividad ambiental vigente.

- Construir en el sitio de disposición final, una celda para almacenamiento de residuos con características peligrosas, disponiendo en esta de manera separada y conforme a su característica de peligrosidad, los residuos generados en cada uno de los hogares del municipio, tales como los de tipo Biosanitarios como gasas, vendas, curas; así mismo los de carácter cortopunzantes como agujas, bisturís jeringas, cuchillas entre otros y residuos posconsumo como pilas, bombillas y residuos eléctricos y electrónicos.

Para efectuar las alternativas descritas, se requiere la implementación de otro tipo de estrategias para brindar una adecuada segregación o preparación en la fuente, almacenamiento, recolección y gestión o disposición final, para esto, es necesario de igual forma:

- Realizar campañas de sensibilización a nivel local sobre la importancia de la separación y adecuada gestión de este tipo de residuos en cada uno de las viviendas u hogares del municipio.
- Fomentar e inducir a la comunidad para que se realice una adecuada separación de los residuos de carácter peligroso en la fuente; realizando la disposición de estos en bolsas de color rojo característico de residuos de tipo peligroso.
- Transportar los residuos con características peligrosas cumpliendo con lo establecido en el Decreto 1609 de 2002 “por el cual se reglamenta el manejo y transporte automotor de mercancías peligrosas por carretera”, aunque en este caso sería únicamente para trasladar este tipo de residuos hasta el sitio de disposición final.
- Contratar con un gestor de residuos con características peligrosas que cuente con licencia ambiental, la recolección y gestión de este tipo de residuos para su disposición final, tratamiento o aprovechamiento de acuerdo con sus características. En caso de identificarse el ingreso de residuos peligrosos al relleno sanitario dentro de las actividades de compactación o cobertura; se deberá registrar en la bitácora de operaciones y reportarse al supervisor del relleno sanitario, reportando el tipo de residuo peligros identificado y su característica de peligrosidad y de igual manera la

fecha, hora, placa del vehículo recolector y la ruta realizada por el mismo, esto con el fin de identificar el lugar donde se puede estar efectuando la disposición de este tipo de residuos.

7.2.2 Prohibición del ingreso de residuos líquidos y lodos contaminados.

Para la formulación de una estrategia concerniente al manejo de aceites de cocina usados ACU y los cuales, pueden ser residuos de tipo líquido que puede ingresar al relleno sanitario tras la separación en la fuente en algunos hogares del municipio disponiéndolos en recipientes sellados y entregados al carro recolector o una inadecuada disposición de los mismos en los recipientes o bolsas de basura; se tuvo en cuenta lo dispuesto en el artículo 11 de la resolución 316 de 2018, con el fin de no ser limitante ni excederse con las responsabilidades que como entidad adscrita a la administración municipal, requieren ser adquiridas por las Empresas Públicas del municipio de Tarso S.A E.S.P.

- Promover campañas de educación, cultura y sensibilización sobre el manejo adecuado de los Aceites Cocina Usados por parte de los generadores industriales, comerciales, de servicios y domésticos en el municipio de Tarso Antioquia, respecto a impactos que puede causar al medio ambiente la inadecuada disposición de éstos; de igual forma, sobre la responsabilidad de los mismos para recolectar este líquido en envases plásticos debidamente sellado para su posterior entrega en puntos limpios establecidos por los gestores de Aceites Usados de Cocina en el caso del residuo de tipo doméstico; mientras que para los generados en industrias, establecimientos comerciales y de servicios, la adecuada entrega a una empresa gestora autorizada e inscribirse como generadores de Aceites de Cocina Usados.
- Facilitar alianzas con los gestores de ACU para mejorar la recolección y manejo del mismo; de manera tal que se permita contar en el municipio con uno o varios puntos limpios y efectuar posteriormente una adecuada disposición de este tipo de residuos.

En caso de identificarse el ingreso de residuos líquidos al relleno sanitario dentro de las actividades de compactación o cobertura; se deberá registrar en la bitácora de operaciones, reportando el tipo de residuo identificado y de igual manera la fecha, hora, placa del vehículo recolector y la ruta realizada por el mismo, esto con el fin de identificar el lugar donde se puede estar efectuando la disposición de este tipo de residuos.

7.2.3 Control de vectores y roedores.

- Revisar de manera periódica las instalaciones del relleno sanitario y al identificar áreas deterioradas que puedan ser hábitat de vectores, adicionar una nueva capa de material de cobertura siendo compactada.
- Verificar las actividades de operación en el relleno sanitario, pues la generación de estos, son un indicador de mal manejo de este.

Para el control de moscas, utilizar mosqueras con cebo, consistente en utilizar recipientes plásticos de aproximadamente 4 litros de capacidad, perforándolos con 4 orificios de 7.5 cms de diámetro, en el tercio superior del envase y el fondo se coloca una cucharada de cebo para moscas, conformado por la feromona muscalure, de esta manera, las moscas ingresan, se alimentan del cebo y mueren en la mosquera, esto además servirá para determinar la cantidad de moscas existentes en el lugar y analizar la necesidad de implementar un mayor número de mosqueras. (Becerra Pinto, Gómez Ortiz, & Guerrero Salazar, 2004)

7.2.4 Control del acceso al público y prevención del tráfico vehicular no autorizado y de la descarga ilegal de residuos.

- Adecuar un cerco en malla o eléctrico alrededor del relleno sanitario y mantener cerrada permanentemente la puerta de ingreso al relleno sanitario.
- Establecer señales de prohibición de ingreso a personal o vehículos no autorizados.



Figura 4: Señalización. fuente: MPL soluciones.

- Registrar en la bitácora de operaciones, las novedades del ingreso de vehículos y personal; reportando placas del vehículo, material transportado y visitas realizadas al mismo.

7.2.5 Prohibición de la realización de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno.

- Realizar una adecuada separación en la fuente (ver numeral 7.3).
- Implementar estrategias de reciclaje en el municipio de Tarso Antioquia (ver numeral 7.3).
- Implementar dentro de las rutas selectivas una que permita la adecuada recolección del material reciclable (ver numeral 7.3).
- Adecuar en el relleno sanitario la bodega existente de almacenaje para el material reciclable, con el fin confinar este tipo de residuos.
- En el momento de recolectar los residuos reciclables, estos serán descargados al frente de la bodega de reciclaje con el fin de efectuar la selección de los mismos y depositarlos sobre dicha infraestructura; de modo similar, en el momento de recolectar los residuos de tipo ordinario podrán ser dispuestos en las celdas o frentes de trabajo para ser distribuidos, cubiertos y compactados.
- Señalizar las áreas de la bodega de reciclaje, así como de la prohibición de efectuar actividades de reciclaje en los frentes de trabajo del relleno sanitario.

- Reportar en la bitácora la cantidad de material reciclable que ingresa al relleno sanitario.

7.2.6 Condiciones establecidas en el permiso de vertimiento para la descarga, directa e indirecta, del efluente del sistema de tratamiento de lixiviados, en los cuerpos de agua, tanto subterránea como superficial.

Se procede a elaborar el Plan de Monitoreo de la calidad del agua, debido a que como se describió en el diagnóstico, es uno de los requerimientos establecidos en el Decreto 838 de 2005 y, además, una de las obligaciones establecidas en la licencia ambiental, pero, dicho plan no fue establecido dentro del Estudio de Impacto Ambiental del Relleno Sanitario.

Tabla 16: Plan de monitoreo de la calidad del agua.

PLAN DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA.	
OBJETIVO	
<p>Objetivo general: Caracterizar los lixiviados generados en el Relleno Sanitario Los Guayacanes y aguas residuales domésticas, así como la corriente de agua La Batea, con el fin de verificar las condiciones de los vertimientos generados; así como la calidad de agua del cauce mencionado.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p><u>Lixiviados:</u> Realizar una caracterización periódica de los lixiviados generados tanto a la entrada del sistema de tratamiento como a la salida del mismo.</p> <p><u>Aguas superficiales:</u> Realizar una caracterización periódica a la quebrada denominada La Batea, con el fin de verificar el impacto o alteración de la calidad de la misma a causa de los vertimientos generados en el relleno sanitario Los Guayacanes.</p>	
META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
Tratar el 100% de los lixiviados generados en el relleno sanitario.	(Volumen de lixiviados tratados al mes / volumen de lixiviados generados al mes) *100.

Cumplir con la totalidad de caracterizaciones programadas anualmente.	(Número de caracterizaciones realizadas al año/ número de caracterizaciones programadas al año) * 100.																
IMPACTOS AMBIENTALES.																	
Alteración de la oferta hídrica. Alteración de la calidad del agua.																	
PERIODICIDAD																	
Lixiviados: Anual. Corriente de agua La Batea: Semestral.																	
PARÁMETROS A CARACTERIZAR:																	
<u>Lixiviados:</u>																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Parámetros</u></th> <th><u>frecuencia</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>pH</u></td> <td><u>Anual</u></td> </tr> <tr> <td><u>Oxígeno Disuelto</u></td> <td><u>Anual</u></td> </tr> <tr> <td><u>Metales pesados</u></td> <td><u>Anual</u></td> </tr> <tr> <td><u>Demanda Química de Oxígeno</u></td> <td><u>Anual</u></td> </tr> <tr> <td><u>Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días</u></td> <td><u>Anual</u></td> </tr> <tr> <td><u>Sólidos Suspendidos Totales</u></td> <td><u>Anual</u></td> </tr> </tbody> </table>		<u>Parámetros</u>	<u>frecuencia</u>	<u>pH</u>	<u>Anual</u>	<u>Oxígeno Disuelto</u>	<u>Anual</u>	<u>Metales pesados</u>	<u>Anual</u>	<u>Demanda Química de Oxígeno</u>	<u>Anual</u>	<u>Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días</u>	<u>Anual</u>	<u>Sólidos Suspendidos Totales</u>	<u>Anual</u>		
<u>Parámetros</u>	<u>frecuencia</u>																
<u>pH</u>	<u>Anual</u>																
<u>Oxígeno Disuelto</u>	<u>Anual</u>																
<u>Metales pesados</u>	<u>Anual</u>																
<u>Demanda Química de Oxígeno</u>	<u>Anual</u>																
<u>Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días</u>	<u>Anual</u>																
<u>Sólidos Suspendidos Totales</u>	<u>Anual</u>																
<u>Corriente hídrica superficial La Batea:</u>																	
<table border="1"> <thead> <tr> <th><u>Parámetros</u></th> <th><u>frecuencia</u></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><u>pH</u></td> <td><u>Semestral</u></td> </tr> <tr> <td><u>Conductividad</u></td> <td><u>Semestral</u></td> </tr> <tr> <td><u>Oxígeno disuelto</u></td> <td><u>Semestral</u></td> </tr> <tr> <td><u>Metales pesados</u></td> <td><u>Semestral</u></td> </tr> <tr> <td><u>DQO</u></td> <td><u>Semestral</u></td> </tr> <tr> <td><u>Amoniaco</u></td> <td><u>Semestral</u></td> </tr> <tr> <td><u>Nitritos</u></td> <td><u>Semestral</u></td> </tr> </tbody> </table>		<u>Parámetros</u>	<u>frecuencia</u>	<u>pH</u>	<u>Semestral</u>	<u>Conductividad</u>	<u>Semestral</u>	<u>Oxígeno disuelto</u>	<u>Semestral</u>	<u>Metales pesados</u>	<u>Semestral</u>	<u>DQO</u>	<u>Semestral</u>	<u>Amoniaco</u>	<u>Semestral</u>	<u>Nitritos</u>	<u>Semestral</u>
<u>Parámetros</u>	<u>frecuencia</u>																
<u>pH</u>	<u>Semestral</u>																
<u>Conductividad</u>	<u>Semestral</u>																
<u>Oxígeno disuelto</u>	<u>Semestral</u>																
<u>Metales pesados</u>	<u>Semestral</u>																
<u>DQO</u>	<u>Semestral</u>																
<u>Amoniaco</u>	<u>Semestral</u>																
<u>Nitritos</u>	<u>Semestral</u>																

METODOLOGÍA

Lixiviados: Para la caracterización de los lixiviados; se llevará a cabo la metodología para toma de muestras de aguas residuales establecida por el IDEAM:

Organizar las botellas rotuladas, los reactivos, formatos e insumos necesarios.

Con ayuda del geoposicionador y del altímetro se debe determinar la latitud, longitud y altitud del sitio exacto de vertimiento y registrarlos en el formato de captura de datos, en el numeral correspondiente. Si la unidad productiva tiene más de dos puntos de vertimiento, deberá georreferenciarse cada uno de ellos.

Escriba con letra legible y con esfero el nombre del responsable del muestreo.

Calibre el pH metro y conductímetro y Diligencie los resultados de calibración de los equipos portátiles.

Medir el caudal del efluente preferiblemente por el método volumétrico manual, empleando el cronómetro y uno de los baldes aforados o por el método de vertedero implementado según el Estudio de Impacto Ambiental en la caja de inspección de los lixiviados. Purgue el balde.

Colocar el balde bajo la descarga de tal manera que reciba todo el flujo; simultáneamente activar el cronómetro. Tomar un volumen de muestra entre 1 y 10 L, dependiendo de la velocidad de llenado, y medir el tiempo transcurrido desde el inicio hasta la finalización de la recolección de la descarga; siendo Q el caudal (en litros por segundo, L/s), V el volumen (en litros, L), y t el tiempo (en segundos, s), el caudal se calcula como $Q = V / t$, para ese instante de tiempo) o mediante los demás métodos de aforo existentes.

Repetir el proceso cuantas veces sea necesario para obtener una muestra compuesta en el periodo de tiempo establecido.

Para cada alícuota recogida medir los sólidos sedimentables. Llenar el cono Imhoff a la marca de 1 L con una muestra bien mezclada. Dejar sedimentar durante 45 minutos, agitar suavemente la muestra cerca de las paredes del cono con una varilla o por agitación, dejar reposar durante 15 minutos, leer y registrar

el volumen de sólidos sedimentables en el formato como mililitros por litro. Si el material sedimentado contiene bolsas de líquido contenido entre las partículas grandes sedimentadas, estimar el volumen de éstas y restarlo del volumen de sólidos sedimentables. El límite práctico inferior de medición depende de la composición de la muestra y generalmente se encuentra en el rango de 0,1 a 1,0 mL/L. Donde exista una separación entre el material sedimentable y el flotante, no estimar el material flotante como materia sedimentable. Usualmente no se requiere de réplicas.

Medir los parámetros de campo, Introducir los electrodos del pH metro y conductímetro.

Lavar los electrodos con abundante agua ya que los valores extremos que pueden presentar los efluentes industriales los deterioran más rápidamente.

Componer una muestra de 12 alícuotas.

Obtener la muestra compuesta mezclando en un balde con llave los volúmenes de cada porción necesarios según la siguiente fórmula:

$$V_i = \frac{V \times Q_i}{n \times Q_p}$$

Donde:

V_i = Volumen de cada alícuota o porción de muestra.

V = Volumen total a componer (pueden ser 10 L).

Q_i = caudal instantáneo de cada muestra.

Q_p =Caudal Promedio durante el muestreo.

N = número de muestras tomadas

Una vez mezclados los volúmenes, homogenizar el contenido del balde por agitación con un tubo plástico limpio y proceder al llenado de los recipientes.

Etiquetar las botellas antes del llenado. Los rótulos cuentan con la información de los analitos y la preservación respectiva. Diligenciar el nombre de la empresa o punto de vertimiento, fecha y responsable del muestreo.

Cubrir el rotulo con una cinta adhesiva transparente para evitar su deterioro.

Tan pronto se ejecuta el muestreo, purgar todas las botellas con muestra y proceder a llenarlas, mientras homogeniza el contenido del balde por agitación constante con el tubo plástico (NO agite directamente con la mano ni por rotación del balde).

Evitar la inclusión de objetos flotantes y/o sumergidos. Extraer la muestra del balde a través de la llave, nunca sumergir las botellas.

Tomar la muestra para análisis de coliformes, aceites y grasas (cuando aplique) ubicando directamente la botella bajo el flujo del efluente, hasta completar el volumen necesario sin dejarla rebosar. Si se trata de un canal abierto, sumergir la botella y sacarla rápidamente, sin dejarla rebosar. Si es evidente una capa de grasa flotante, dejar constancia de tal situación en el formato de captura de datos.

Tomar la muestra para análisis de sulfuros adicionando a la botella purgada el preservante (acetato de Zinc) y después de llenarla hasta cerca de la boca del recipiente, adicionar el NaOH a $\text{pH} > 13$ y continuar hasta llenado total sin dejar espacio de cabeza entre el nivel de líquido y la tapa.

Preservar las muestras dependiendo del parámetro a analizar, según se relaciona en la tabla 1. Use un frasco gotero y añadir cerca de 1 mL = 20 gotas del preservante adecuado por cada 500 mL de muestra.

En caso de muestras de lixiviados agregar el preservante a las botellas antes de llenarlas con muestra.

Tapar cada botella y agítela.

Colocar las botellas dentro de la nevera y agregue hielo suficiente para refrigerar.

Enjuagar con agua destilada los baldes y todos los elementos utilizados en el muestreo.

Colocar las botellas de un mismo sitio de muestreo dentro de la nevera en posición vertical y agregue hielo suficiente para refrigerar.

Terminar de diligenciar el formato y envíelo junto con las muestras al laboratorio, preferiblemente el mismo día del muestreo.

A continuación, se describe el procedimiento a seguir cuando no es posible aplicar el método volumétrico para aforo y toma de muestra del caudal de efluentes, o cuando los puntos de vertimiento no presentan un diseño adecuado.

Tapas de Cajas de Inspección: En algunas empresas se puede encontrar que las tapas de las cajas de inspección tienen un peso muy grande, motivo por el cual se requiere contar con un elemento que permita el movimiento de la misma. En ciertos casos se puede presentar un problema tal que los ingenieros no cuentan que el material para realizar dicho movimiento; incluso se puede presentar una tapa de tal magnitud que se requiera de un montacargas, haciendo indispensable la ayuda de la propia empresa. Es importante verificar el estado de las cajas de inspección, ya que estas pueden estar rotas y pueden ser un peligro para la persona encargada del muestreo y específicamente del aforo; en tal caso se debe pedir la colaboración de los trabajadores de la empresa por medio de la persona que este atendiendo la visita, para evitar la responsabilidad de los funcionarios en la manipulación de este tipo de tapas o elementos. Este hecho se debe colocar dentro de las observaciones en el formato de captura de datos.

Cajas de Inspección Rebosantes: En algunas ocasiones se puede encontrar que las cajas de inspección están rebosando por algunos de sus lados y la determinación del caudal se hace imposible, razón por la cual se debe solicitar como primera medida hacer una limpieza a la caja y mientras tanto se verifica el proceso productivo. Es importante que unos de los integrantes de la comisión de muestreo permanezcan cerca de la caja para revisar cómo se realiza la limpieza, ya que muchas veces el problema hace referencia a presiones hidrostáticas con el alcantarillado, haciendo que las aguas residuales de la alcantarilla se regresen y tomando unas muestras no representativas del proceso industrial. Si el problema no llegase a solucionarse por medio de esta limpieza debe medirse el caudal por medio de la observación y mediante cálculos de un vertedero horizontal, teniendo en cuenta el ancho del lado por donde está saliendo el

vertimiento y calcular la altura del vertimiento, de igual manera se debe estimar la velocidad del vertimiento para así poder calcular el caudal.

Caudal Insignificante: Las pequeñas empresas generan un caudal que en muchas ocasiones es difícilmente observado y mucho menos medido. Este vertimiento se desplazará sobre la pared de la caja de inspección, tanque de ecualización u otra unidad que realice la función de homogenizar los vertimientos y se deberá utilizar una toma muestras. Este implemento permite medir un volumen con mayor facilidad que un balde, ya que es cuadrado o rectangular permitiendo que se puede recostar contra la pared, igualmente este implemento ha sido previamente graduado a unos volúmenes conocidos. Generalmente esta toma muestras son de carácter casero.

Cajas de Inspección con Afluente y Efluente al mismo Nivel o en el Fondo: Cuando se encuentre una caja de inspección en la cual las tuberías o conductos del afluente y el efluente de la caja se encuentren al mismo nivel o que estén a ras del fondo de la caja de tal manera que hagan imposible la colocación del balde de aforo, se puede aplicar alguna de las siguientes dos soluciones: La primera, en el caso de presentarse una caja o unidad con dimensiones conocidas, la comisión deberá sellar el efluente y determinar el incremento de la lámina de agua, de tal manera que se pueda realizar una curva de crecimiento con el tiempo; si las dimensiones de la caja son conocidas se puede determinar un volumen y mediante un cronometro se ha determinado el incremento de la lámina de agua. Es importante verificar que la salida del tubo ha sido perfectamente sellada, para evitar fugas del vertimiento que puedan alterar la lectura del aforo y posterior muestreo. La segunda posibilidad hace referencia a que la caja no cuente con una forma uniforme y por consiguiente la toma de medidas sea imprecisa, siendo necesario tapar o sellar el afluente de la caja y desocuparla. Paso posterior se deberá llenar la caja de una cantidad conocida de agua y aforar la caja, (20 litros y 30 litros, o según las características del caudal de la empresa lo permitan) una

vez aforada la caja se libera el tapón del afluente y se observa el crecimiento de la lámina de agua con respecto al tiempo y se toma el valor de caudal.

Empresas sin Caja de Inspección: Debido a las características de las pequeñas y medianas empresas, algunas no cuentan con caja de inspección y los vertimientos salen por un canal o simplemente por el piso de la empresa. En caso de que el vertimiento salga por el piso de la empresa se pueden aplicar las siguientes soluciones: \ Si la empresa no cuenta con un piso adecuado, es decir, este está sobre suelo (tierra) se puede llegar a excavar un pequeño hueco con el cual se logra introducir el balde o elemento para realizar el aforo o medición de caudal. En el caso que la empresa cuente con un piso en concreto u otro material que permita la circulación del vertimiento, se debe verificar el sitio donde el vertimiento cae o se mezcla con el alcantarillado y en ese lugar realizar el aforo; es muy posible que dicho sitio corresponda a un sector fuera de la infraestructura de la industria. En algunas ocasiones las empresas no cuentan con cajas de inspección y mezclan los vertimientos de aguas residuales industriales con los de aguas domesticas; este percance debe ser anotado dentro del formulario de captura de datos, en lo correspondiente a Observaciones. En el caso de presentarse esta problemática se debe medir el caudal antes de que se realice la combinación de los dos alcantarillados.

Trampas de Grasas: Como su nombre lo indica la trampa de grasas busca retener las grasas presentes en el efluente, de tal manera que funciona como un sistema de pretratamiento. El ingeniero de muestreo, con ayuda del auxiliar, deberá determinar si después de la trampa de grasas existe otra unidad de pretratamiento, caso en el cual la muestra deberá ser tomada en esta última unidad. En el caso que no se encuentre la caja de inspección y el efluente de la misma se dirija hacia el alcantarillado, el muestreo y aforo deberá ser tomado antes del alcantarillado; si las circunstancias no lo permiten se buscará la manera de realizar el aforo y muestreo a la salida de la trampa de grasas, con un cuidado tal que no se modifiquen los análisis por la presencia excesiva de grasas en el

momento del mismo. Como sugerencia la comisión deberá solicitar a la empresa la remoción de las grasas presentes en la trampa y luego realizar el proceso de muestreo y aforo. Igualmente, un mecanismo importante y que puede ser aplicado, es preguntar cómo han sido realizados los muestreos en ocasiones anteriores, con el fin de basarse en la experiencia anterior.

Grandes Descargas de Agua Residual: Existe la posibilidad que algunas industrias realicen un vertimiento de gran volumen, trayendo como consecuencia que la medición por el método volumétrico con el balde sea inoperante, de tal manera que se deberán utilizar otras herramientas de mayor volumen, como por ejemplo canecas de 55 galones. La toma del tiempo de llenado de la caneca se convierta en un factor muy importante; por tal motivo se deben implementar mecanismos para determinar el tiempo exacto de llenado. Estos mecanismos pueden ser, entre otros, retirar de la caneca del sitio de vertimiento por arrastre con cuerdas, montar previamente la caneca sobre una plataforma con rodachines de tal manera que se pueda halar fácilmente, o tapar la caneca una vez llena.

Tuberías: En el caso que el vertimiento siempre se desplace por una tubería y no realice un salto donde se pueda aforar, es necesario implementar otro sistema de aforo el cual puede ser determinar el diámetro interno del alcantarillado por donde se desplaza el vertimiento, verificar la altura que alcanza el vertimiento dentro de esta tubería y estimar la velocidad del mismo dentro de la tubería. Así, con los datos de área y velocidad se determina el caudal del vertimiento.

Muestreo con Bomba Peristáltica: Para casos en que sea imposible o inadecuado hacer la toma de muestras con el balde de aforo, se empleará una bomba peristáltica. Se programa la bomba para tomar porciones del efluente en los intervalos de tiempo definidos (según el tiempo total de composición) y en las cantidades requeridas para la composición de la muestra. Antes de iniciar la toma de muestra se purgan las conducciones o mangueras durante 1 a 4 minutos. Las porciones de muestra obtenidas se almacenan en cada uno de los recipientes (baldes) para la posterior composición de la muestra. Al final del proceso se hace

pasar un flujo abundante de agua limpia para lavar las conducciones de la bomba (Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2007).

Fuente superficial La Batea: Para la caracterización de la fuente de agua superficial La Batea; se tuvo en cuenta la metodología establecida por guía de toma de muestras de aguas superficiales para la red de calidad del IDEAM y el manual piragüero de Corantioquia para la medición del caudal.

Medición de caudal:

Medición de caudal por el método volumétrico: Este método se aplica cuando la corriente presenta una caída de agua, en la cual se pueda poner un recipiente con volumen conocido.

El recipiente se coloca bajo la corriente de tal manera que reciba todo el flujo de agua; al mismo tiempo se activa el cronómetro. En este proceso el cronómetro inicia en el instante en que el recipiente se introduce a la corriente y se detiene en el momento en que se retira de ella, o el balde se llena. Es importante cronometrar varios tiempos de llenado, para estimar un valor promedio.

Q = Caudal en litros por segundo, l/s

V = Volumen en litros, l

T = Tiempo en segundos, s

El caudal se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Caudal: } \frac{\text{Volumen de agua capturado en litros}}{\text{Tiempo de llenado del balde (en segundos)}} = \left[\frac{l}{s} \right]$$

$$Q: V / T:$$

Este método tiene la ventaja de ser el más sencillo y confiable, siempre y cuando el lugar donde se realice el aforo garantice que al recipiente llegue todo el volumen de agua que pasa por la corriente. Se debe evitar la pérdida de agua en el momento de aforar.

El método volumétrico es el más fácil de usar, siempre y cuando el suelo donde se disponga la caneca sea firme y no permita que ésta se hunda o se mueva.

Dentro de los principales problemas que se pueden presentar está la manipulación de las canecas por su peso exagerado.

Medición de caudal por el método área-velocidad o flotadores: En este método, se mide la velocidad del agua en una sección de la quebrada o río. El método de flotadores es sencillo, pero inexacto.

Paso 1: seleccionar el lugar adecuado Se selecciona en el río o quebrada, un tramo uniforme, sin piedras grandes ni troncos de árboles, en el que el agua fluya libremente, sin turbulencias, que sea recto.

Se elige en el centro del cauce un sitio inicial A y uno final B, a lo largo de la corriente (río o quebrada) el cual se llamará distancia, longitud o largo.

Paso 2: medición de la velocidad Es la relación entre la distancia que recorre el agua en un tiempo determinado. Por ejemplo, si el agua recorre un metro cada 10 segundos, entonces la velocidad que lleva es de 1 metro/segundo.

Para su medición en campo, una persona se ubica en el punto A con el flotador y la otra en el punto B con el reloj o cronómetro. Se medirá el tiempo de recorrido del flotador del punto A al punto B. Se recomienda realizar un mínimo de diez mediciones y calcular el promedio. La velocidad de la corriente de agua del río o quebrada se calcula con base en la siguiente ecuación.

$$\text{Velocidad (V)}: \frac{\text{Distancia (en metros, m)}}{\text{Tiempo (en segundos, s)}}: \left[\frac{M}{S}\right]$$

Paso 3: medición del área de la sección: Para determinar el área de una sección se debe realizar el siguiente procedimiento:

Ubica los extremos de la sección en ambas orillas.

marra una cuerda de dos estacas ubicadas en los extremos de la sección.

Mide el ancho superficial.

Divide en varias partes iguales (fajas) la sección (mínimo tres partes).

Mide la profundidad del agua para cada faja.

Registra los datos en el formato de campo.

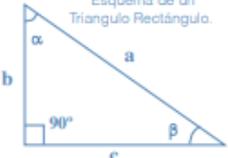
Calcula el área para cada faja.

Suma el área de todas las fajas.

$$\text{Área} = \text{Área faja 1} + \text{Área faja 2} + \text{Área faja 3} \dots$$

Para calcular el área de las fajas, utiliza la fórmula para cada figura. Las figuras geométricas que se forman en la sección pueden ser:

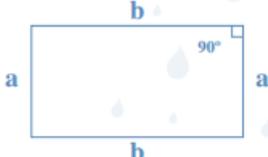
Triángulo rectángulo: Es aquel que tiene un ángulo recto y el área es igual al producto de sus catetos divididos en dos, "Base por Altura" siendo estos los catetos. La ecuación utilizada para hallar el área es:

$$A = \frac{\text{Base} \times \text{Altura}}{2}$$
$$A = \frac{b \times c}{2}$$


Esquema de un Triángulo Rectángulo.

A. área en m²
b y c, catetos en m

Rectángulo: es igual a base por altura:

$$\text{Area} = \text{Base} \times \text{Altura} = m^2$$
$$A = b \times a$$


Trapezio: Es igual a la suma de la base mayor y la base menor por la altura, y dividido por dos:

$$A = \frac{(\text{Base mayor} + \text{Base menor}) \cdot \text{Altura}}{2} = m^2$$

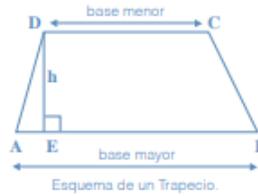
$$A = \frac{\overline{AE} + \overline{EB} + \overline{DC}}{2} \cdot h$$

\overline{AE} Distancia punto A a E

\overline{EB} Distancia punto E a B

\overline{DC} Distancia punto D a C

h Altura



Se recomienda realizar la división de la sección en fajas iguales, si la sección es menor a dos metros debemos dividirla en cuatro o más fajas iguales y si es mayor, realizamos la faja cada metro, entre más fajas realicemos es más preciso este método. Finalmente, para conocer el caudal, se multiplica el área de la sección y la velocidad promedio:

$$\text{Caudal (Q)} = \text{Área de la sección (A)} \cdot \text{Velocidad (V)}$$

Las unidades de este cálculo serán en m³/s (metros cúbicos por segundo) y se pasa a L/s (litros por segundo) multiplicando el resultado por 1000.

- Toma de muestras de aguas superficiales.

Organizar las botellas rotuladas, para dicha estación.

Diligenciar el formato de captura de datos con la información de ubicación tempo-espacial (corriente, estación, fecha, hora, coordenadas), nivel de la corriente, observaciones del entorno y de las condiciones ambientales. Escriba con letra legible y con esfero el nombre de los responsables del muestreo, quienes además deben firmar.

Si la estación cuenta con controles de testigos y adicionales, colocar el icopor con los frascos en un lugar estable y destape aquellos rotulados como TESTIGOS (son cuatro frascos).

Calibrar el pH-metro y el conductímetro, en el primer sitio de muestreo del día.

Registrar los datos en los cuadros "Calibración" del formato. El electrodo de pH debe quedar siempre protegido dentro de la solución de mantenimiento.

Si la corriente tiene un ancho menor a 3 m y una profundidad menor de 30 cm, recolectar una MUESTRA PUNTUAL en la mitad del ancho de la corriente.

Si la corriente es mayor a 3 m, de ancho y una profundidad mayor a 30 cm, recolectar una MUESTRA INTEGRADA, tomando muestras a $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ del ancho de la corriente integrando la muestra en la columna de agua aplicando la metodología utilizada en el procedimiento de muestreo para aforos por Bolsa Plegable, usando el malacate, la pesa, colocando la canastilla con el galón y su respectiva boquilla teniendo en cuenta la profundidad y velocidad de la corriente sin que se presente sobrellenado o recirculación del agua dentro del galón.

En cualquiera de los casos sumergir el muestreador o balde púrguelo y/o enjuague, luego proceda a la toma de la muestra o las muestras, según corresponda.

Trasferir cada muestra, al balde con llave, en forma CUIDADOSA, tratando de no airear la muestra (el agua se desliza por las paredes del balde para evitar oxigenarla). Purgar el tubo de PVC con agua del río y sumergirlo en el balde para agitar durante el llenado de botellas

Nota 1: NO AGITAR la muestra del balde, durante las mediciones de pH y Conductividad, ni durante la toma de muestra para la medición del Oxígeno Disuelto.

Con los equipos prendidos (tecla MODE), verificar que están funcionando correctamente, introducir los electrodos del pH-metro y conductímetro en el balde con llave. Si el equipo no está leyendo (en la pantalla aparece el símbolo [A], oprimir la tecla READ. Cuando se establezca la medición (aparece nuevamente el símbolo [A]), registrar los datos de pH, temperatura y conductividad eléctrica en el formato M-S-LC-F001. Enjuagar los electrodos con agua destilada y séquelos cuidadosamente, antes de guardarlos en el maletín.

Análisis de Oxígeno Disuelto:

Tomar la botella Winkler, purgarla con muestra del balde sacada a través de la llave, y llenarla hasta rebose, el agua se desliza por las paredes del recipiente y se debe evitar tanto como sea posible la formación de burbujas. Tapar la botella. Destapar la botella y agregar 20 gotas de sulfato de manganeso (Reactivo1) y 20 gotas de álcali yoduro nitruro (Reactivo2). Tapar la botella y colocar un pedazo de toalla de papel absorbente en la tapa. Agitar el contenido de la botella invirtiéndola varias veces.

Dejar la botella en reposo para que decante un precipitado de color café grisáceo. Es recomendable esperar algunos minutos. Mientras tanto se pueden completar las mediciones de pH y de Conductividad eléctrica, y guardar adecuadamente los equipos.

Destapar la botella Winkler. Agregar 30 gotas de ácido sulfúrico (Reactivo 3). Tapar la botella y cubrir la tapa con un pedazo de toalla de papel absorbente. Agitar la botella en forma vigorosa invirtiéndola varias veces hasta que el precipitado desaparezca. Si esto no ocurre, destapar la botella, agregue 5 gotas adicionales de ácido sulfúrico (Reactivo 3), tápala y agítarla nuevamente hasta disolución del precipitado.

Del líquido resultante en la botella Winkler, medir en la probeta 100 mL y trasvasarlos al erlenmeyer de 250 mL.

Purgar la bureta de 10 mL con una porción de tiosulfato de sodio (Reactivo 4). Llenar la bureta y abrir la llave dejando salir una cantidad de reactivo dando golpes suaves en la parte de la llave para sacar todas las burbujas que se han podido formar. Enrasar la bureta en 0 mL o en un volumen conocido, a tener en cuenta para luego determinar el volumen de tiosulfato que se gaste.

Titular el contenido del erlenmeyer, agregando tiosulfato gota a gota desde la bureta y agitando el erlenmeyer continuamente para favorecer la reacción. Suspenda la adición de tiosulfato cuando el líquido del erlenmeyer pase del color amarillo rojizo a un color amarillo pálido.

Adicionar de 4 a 5 gotas de almidón (Reactivo 5). El contenido del erlenmeyer toma un color oscuro y azulado; continuar con la titulación hasta el momento en que desaparezca el color azul.

Registrar en el formato en la sección OD WINKLER: el Volumen de Tiosulfato gastado en la titulación, el Vol. de Alícuota (volumen medido en la probeta) y la concentración de Tiosulfato (aparece en el rótulo del frasco que contiene el tiosulfato).

El oxígeno disuelto se calcula teniendo en cuenta la siguiente ecuación:

$$O.D. Winkler \left(\frac{mg O_2}{L} \right) = \frac{Vol. Tiosulfato * Cocentración Tiosulfato * 8000}{Vol. Alícuota}$$

Antes de guardar el material, enjuagar con agua destilada.

➤ Llenado de botellas:

Purgar cada botella antes de tomar la muestra. Durante el llenado de las botellas NO DEJAR de agitar la muestra, para garantizar la homogeneidad.

Las botellas de muestras y réplicas se llenan hasta el cuello. Si se indica en la etiqueta de la botella, adicione el preservante indicado (40 gotas para la botella de litro), al final del llenado de la botella, tapar firmemente cada botella.

Las botellas para adicionados se llenan inicialmente con un poco de muestra (aproximadamente la tercera parte de la capacidad). Luego adicionar en su totalidad el contenido del frasco identificado como adicionado, teniendo en cuenta que corresponda a los análisis indicados en la etiqueta. Enjuagar, con muestra del balde, tres (3) veces el frasco, adicionando los enjuagues a la botella. Terminar de llenar con muestra cada botella hasta el nivel del cuello. Si se indica en la etiqueta de la botella, adicionar el preservante indicado (20 gotas). Tapar firmemente cada botella.

Embalaje:

Acomodar las botellas dentro de la nevera separando las botellas de vidrio entre sí para evitar la rotura de las mismas. Poner hielo suficiente para refrigerar.

Tapar los frascos rotulados como TESTIGOS y colocarlos en el icopor junto con los frascos vacíos de los ADICIONADOS. Guardar el icopor en la nevera.

Toma de muestras para Plaguicidas Organoclorados, Organofosforados y Triazinas:

Ubicar la margen del río hacia donde se encuentran los cultivos.

Tomar la muestra directamente en el cuerpo de agua en contracorriente, sin dejar rebosar la botella.

A las muestras para triazinas se les debe adicionar 40 gotas de ÁCIDO CLORHÍDRICO.

Colocar papel de aluminio a cada uno de los frascos, tapar firmemente cada botella.

De la misma manera llegará un adiconado de plaguicidas al cual se debe adicionar agua del río colectada en una botella de vidrio (botella auxiliar), sin dejar rebosar. Cuando la etiqueta lo indique adicione el reactivo de preservación (ácido clorhídrico). Colocar el papel de aluminio, tapar firmemente y acomodar las botellas dentro de la nevera separando las botellas de vidrio entre sí para evitar la rotura de las mismas. Poner hielo suficiente para refrigerar (Insitituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales, 2007).

OBSERVACIONES: Los análisis deben ser efectuados por laboratorios certificados por el IDEAM.

Es importante, que las muestras de agua de la corriente hídrica La Batea, sean tomadas en temporadas de invierno debido al bajo caudal de la misma como se relaciona en el Estudio de Impacto Ambiental; para esto, se debe tener presente que el ciclo hidrológico en Colombia es bimodal y de manera en particular para la zona andina, debido al paso de la convergencia intertropical ZCIT se caracteriza por contar con dos temporadas o épocas secas; de diciembre a febrero y de junio a agosto; mientras que cuenta además con dos temporadas húmedas de marzo a mayo y de septiembre a diciembre.

7.2.7 Caracterización anual de los residuos sólidos de acuerdo con las especificaciones técnicas establecidas en el Numeral F.1.4.3 del Título F del RAS o la norma que lo modifique, adicione o sustituya.

Para la caracterización de los residuos sólidos del relleno sanitario del municipio de Tarso, teniendo en cuenta que se plantea realizar acciones de transformación del material orgánico y por ende transformación en abono orgánico, es necesario realizar análisis elemental de los componentes de residuos sólidos; por lo tanto, se estableció la metodología descrita en el artículo científico denominado “Caracterización de residuos sólidos”, donde se presentan alternativas para este fin como lo nombrado dentro del estudio “Diferencia de pesos y cuarteo”; en lo que respecta al manejo y transporte de los mismos hasta el laboratorio, se tuvo en cuenta la metodología establecida por el Reglamento Técnico del Sector Agua Potable y Saneamiento Básico RAS- Título F, numeral F 1.4.2.6.

Para sistemas que involucren procesos térmicos, compostaje o la disposición final a través de rellenos sanitarios, se debe determinar el porcentaje en peso de carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), azufre (S) y ceniza.

7.2.7.1 Toma de muestras de residuos sólidos por el método “diferencia de pesos y cuarteo”.

se aplica en rellenos sanitarios de alta capacidad tipo mecánicos que posean báscula a la entrada, y donde todos los vehículos que entran al relleno se encuentren registrados con su peso vacío. El vehículo es pesado al llegar al relleno sanitario, y la diferencia de pesos determina la cantidad de residuos sólidos recolectados en la ruta; de la suma de la diferencia en peso de todos los vehículos que entran al día al relleno sanitario resulta la cantidad de residuos sólidos por día, pero se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Por este método se puede determinar la cantidad de residuos sólidos que entran al relleno sanitario, mas no la cantidad de residuos que genera una población, ya

que una fracción (aunque sea pequeña) se aprovecha y no es recolectada por el vehículo.

- Se puede determinar la cantidad de residuos que entran al relleno, mas no su composición.

Para obtener un estimativo de la composición de residuos sólidos que pueden ingresar a un relleno sanitario y ser evaluados dentro del mismo se debe realizar el siguiente análisis.

Al entrar al relleno sanitario, además de ser pesados, los vehículos deben informar la ruta en la cual se encontraban recolectando, es decir, si la recolección fue efectuada en una zona residencial, comercial o industrial.

Posteriormente, el vehículo recolector se desplaza hacia una zona especial dentro del relleno donde se depositarán los residuos, se abre cada una de las bolsas donde vienen confinados, luego se hace una circunferencia lo más uniforme posible con todos los residuos, de ésta se extraen dos cuartos, se hace otra circunferencia uniforme similar a la anterior, de la cual se sacan otros dos cuartos, y así sucesivamente hasta poder tener una muestra representativa y manejable (Rendón, 2010).

7.2.7.2 Número de muestras y cadena de custodia.

- Número de muestras: El número de muestras está vinculado al método de muestreo escogido. Sin embargo, el número de muestras debe considerar los siguientes parámetros:
 - Desviación estándar normal para el nivel de confianza deseado.
 - Desviación estándar calculada
 - Error muestral. El resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes de subproductos considerados debe ser como mínimo el 95% del peso total de la muestra. En caso contrario debe repetirse la determinación.
- frecuencia de ensayos: Se debe realizar la caracterización de los residuos sólidos en las siguientes situaciones:

- En la etapa de planificación y prediseño de un sistema de manejo de residuos sólidos.
- En la etapa de diseño definitivo de un sistema de manejo de residuos sólidos.
- Cuando se requiera optimizar un sistema de residuos sólidos
- Al menos una vez cada año.
- Siempre que las condiciones de la generación cambien.

Los literales c, a, y e, deben ser realizados por la persona prestadora del servicio de aseo, los literales a y b por el municipio o la persona prestadora del servicio, dependiendo quien esté realizando la planificación y diseños del sistema de manejo de residuos sólidos.

7.2.7.3 Unidades para expresar los residuos cuantificados.

Para sistemas de recolección y transporte de residuos sólidos, deben expresarse los residuos sólidos generados utilizando unidades de peso como: kilogramos o megagramos (toneladas) por día o año.

Tabla 17: Unidad de expresión por tipo de residuos.

Tipo de residuos	Unidad de expresión recomendada
Doméstico	Kg./(hab-día)
Comercial	Kg/día
Industrial	Se recomienda expresarla con base en una unidad repetitiva, Ej. [Kg/unidad de producción]
Agrícola	Se recomienda expresarla con base en una unidad repetitiva, Ej. [Kg/Mg de producto]

Fuente: Reglamento Técnico del sector Agua Potable y Saneamiento Básico RAS, título F.

7.2.7.2.2 Cadena de custodia.

Para asegurar la integridad de la muestra en los análisis de composición de los residuos, desde la recolección hasta el reporte de los datos, debe realizarse la cadena de custodia mediante el siguiente procedimiento.

7.2.7.2.3 Procedimiento.

La persona encargada de tener las muestras en custodia debe cumplir con los siguientes parámetros.

7.2.7.2.4 Etiquetas de la muestra.

Se deben usar etiquetas para identificar cada una de las muestras, las cuales deben ser rótulos adhesivos que contengan, como mínimo, la siguiente información:

- Número de la muestra.
- Nombre de la persona que toma la muestra.
- Fecha y hora de recolección
- Lugar de recolección Tipo de generador (residencial, no residencial: industrial, comercial institucional, etc.)
- Identificación del tipo de muestra.
- Las etiquetas deben colocarse antes del periodo del muestreo y llenarse a la hora de ejecución del muestreo.

7.2.7.2.5 Sellos de muestras.

Para detectar falsificación de las muestras deben usarse sellos de muestras. El sello debe incluir, como mínimo, la misma información que contienen las etiquetas de las muestras y deben colocarse en los recipientes antes de que el personal de muestreo abandone el sitio.

7.2.7.2.6 Registros.

Debe registrarse toda la información pertinente al trabajo de campo o muestreo realizado en un libro debidamente foliado. El registro debe incluir, como mínimo, la siguiente información:

Localización del punto de muestreo.

- Nombre y dirección del contacto en el sitio de muestreo.
- Generador del residuo y dirección si es diferente de la de localización.
- Tipo de residuo según procedencia.
- Número y volumen o peso de la muestra tomada
- Propósito del muestreo.
- Descripción del punto de muestreo y metodología de muestreo
- Fecha y hora de recolección.
- Número de identificación de la muestra.
- Distribución de la muestra y de su transporte.
- Referencias, como mapas o fotografías del sitio de muestreo.
- Observaciones de campo.
- Medidas hechas en el campo.
- Firmas del personal responsable.
- El libro de registro debe ser archivado de manera segura.

7.2.7.2.7 Carta de Custodia.

Cada muestra debe estar acompañada de la correspondiente carta de custodia.

El registro debe contener, como mínimo, la siguiente información:

- Número de la muestra.
- Firma de quien toma la muestra.
- Fecha y hora de recolección.
- Lugar y dirección de recolección de la muestra.
- Tipo de residuo. Nombre y firmas de las personas que hacen parte del manejo de la muestra y la fecha de su manipulación.

7.2.7.2.8 Hojas de remisión de muestras.

A la muestra debe asignársele una hoja de remisión con la información de campo.

El personal de laboratorio debe completar la información pertinente.

La hoja de remisión debe incluir como mínimo la siguiente información:

- Nombre de la persona que recibe la muestra.
- Número de la muestra.
- Fecha y hora de recibo de la muestra.
- Localización de la muestra.
- Ensayos por realizar a la muestra.

7.2.7.2.9 Transporte, recibo, registro y análisis de la muestra en el laboratorio.

- La muestra debe ser transportada al laboratorio para los análisis dentro del primer o segundo día después del muestreo.
- La muestra debe ir acompañada de la carta de custodia y de la hoja de remisión de muestras
- La muestra debe ser entregada a la persona autorizada para recibirla en el laboratorio, quien debe revisar etiquetas y sellos los cuales deben estar acordes con lo consignado en la carta de custodia.
- En el laboratorio se le asigna un número, se consigna en el libro de registro del laboratorio y se almacena en un cuarto seguro hasta que se realice los análisis.
- Debe existir siempre una persona responsable del cuidado y custodia de la muestra (Ministerio de Vivienda, 2017).

7.2.8 Monitoreo mensual de la señalización presentada en el programa de monitoreo.

- Contratación de un supervisor para las actividades operaciones y técnicas del relleno sanitario.
- Visitas periódicas antes y al final de las jornadas de trabajo con el fin de verificar que se estén cumpliendo por parte de los operarios el plan de señalización.
- Verificar de manera semanal el estado de las señales ubicadas en el relleno sanitario y sus inmediaciones.
- Registrar el cumplimiento de las medidas de señalización la bitácora de operaciones y tabular su cumplimiento al finalizar cada mes.

7.3 Formular estrategias para el aprovechamiento de residuos de tipo reciclable en el relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia

7.3.1 Campañas de sensibilización y educación ambiental para la adopción de procesos de separación en la fuente.

- Realizar capacitaciones en los centros educativos, entidades públicas y por los diferentes sectores de la zona urbana por medio de charlas, sobre los impactos que generan los residuos en el medio ambiente y la salud. Esta actividad se realizará con el apoyo de salud pública y la autoridad sanitaria del municipio de Tarso
- Realizar Visitas de campo al relleno sanitarios con las diferentes entidades del municipio de Tarso donde se vincula centros educativos, primaria y secundaria, el grupo de la tercera edad, Juntas de acción comunal, se comunicaría a la entidad sobre el objetivo de la campaña y si aceptan acompañarnos, la visita hará por grupo de 20 persona una vez por semana para cada grupo con la intención de enseñarles las ventajas de tener un relleno sanitario en el Municipio de Tarso y el por qué debemos darle un correcto uso al manejo de los residuos.
- Por medio de volantes impresos con en papel biodegradable, realizar campañas sobre la correcta separación de los diferentes residuos en el Municipio de Tarso.
- Utilizar las redes sociales para hacer campañas educativas por medio de contenidos audiovisuales alusivos a la importancia de la correcta separación desde la fuente y así mismo generar un impacto positivo para sensibilizar a la población frente a la problemática que se está viviendo actualmente con los residuos los cuales están siendo depositados en quebradas, sitios públicos, etc. expuestos al ambiente.

7.3.2 Implementar el uso de las canecas con el nuevo código de colores unificado para la separación en la fuente según la resolución 2184 de 2019.

Gestionar por parte de la empresa de servicios públicos para donar a los usuarios las nuevas canecas de colores que se deben implementar para la separación desde la fuente

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, en conjunto con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, mediante Resolución, establecieron un código de colores unificado para la separación de residuos en la fuente, que deberá adoptarse en todo el territorio nacional a partir del primero de enero de 2021 (*Sostenible, 2020*).

- Los colores para la presentación de residuos sólidos en bolsas u otros recipientes, serán verde (residuos orgánicos aprovechables), blanco (residuos aprovechables) y negro (residuos no aprovechables).
- Color blanco: Para depositar los residuos aprovechables como plástico, vidrio, metales, papel y cartón.
- Color negro: Para depositar residuos no aprovechables como el papel higiénico; servilletas, papeles y cartones contaminados con comida; papeles metalizados, entre otros.
- Color verde: Para depositar residuos orgánicos aprovechables como los restos de comida, desechos agrícolas etc.

Mediante la resolución citada se adopta, además, el 'Formato Único Nacional para la Presentación del Programa de Uso Racional de Bolsas *Plástica*. Este código de colores deberá ser adoptado por los municipios o distritos que adelanten programas de aprovechamiento conforme a sus Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) y permitirá simplificar la separación en la fuente en los hogares, preparando al país para el desarrollo e implementación de nuevos esquemas de aprovechamiento, en dónde se unifiquen los esfuerzos entre todos los actores de la cadena (*Sostenible, 2020*)

Según Ricardo Lozano, ministro de medio ambiente “esta disposición se enmarca dentro de la Estrategia Nacional de Economía Circular establecida en el Plan Nacional de Desarrollo, involucrando a todos los sectores productivos, para lograr, desde el punto de vista operacional, producir conservando y conservar produciendo. Asimismo, contribuye a sembrar en todas las escalas de producción del país las llamadas ‘9R’, dentro de las que se encuentran; reducir, reciclar y reutilizar, en dónde la separación adecuada de los residuos juega justamente un papel importante” (Sostenible, 2020).



Figura 5: Separación en la fuente por código de colores. fuente: MINAMBIENTE.

7.3.3 Capacitación a los operarios del relleno sanitario frente al manejo adecuado de residuos sólidos.

- Se realizarán capacitaciones periódicas en cuanto a la clasificación de los residuos en el momento de recolección y disposición final de los residuos.

- Capacitación al personal operativo sobre la importancia de la adecuada operación y mantenimiento del relleno sanitario.
- Charlas sobre el auto-cuidado que deben tener al momento de la recolección e identificación de residuos peligrosos.
- Capacitación por parte de la ARL haciendo énfasis a los riesgos laborales que se pueden enfrentar al realizar sus labores como operarios del relleno sanitario y los cuidados que den tener.

7.3.4 Activar la asociación de recicladores.

- convocar a los integrantes de la asociación de recicladores “eco-vida” para reactivar las actividades de reciclaje en el municipio de Tarso Antioquia.
- Capacitación por medio de convenios establecidos con el SENA en competencias laborales y sobre el manejo integral de los residuos
- Brindar un acompañamiento por medio de la empresa para darle el tratamiento adecuado a los residuos y contactar proveedores de los diferentes tipos de residuos que se pueden aprovechar generando ingresos económicos.

7.3.5 Implementar una ruta selectiva directamente para la recolección del reciclaje.

Sugerir a la empresa de servicios Públicos de Tarso Antioquia la implementación de una nueva ruta los viernes para la recolección de los residuos reciclables, y llevarlos al punto de acopio donde la asociación se encarga de realizar la clasificación de estos y del mismo modo se está contribuyendo a prolongar la vida útil del relleno.

7.3.6 Articulación de los centros educativos, adulto mayor y casa de la cultura para el aprovechamiento de los residuos reciclables.

Se realizarán clases de manualidades con la colaboración del monitor de la casa de la cultura para aprovechar el material reciclable incorporando los diferentes grupos activos del municipio. También se le puede dar un aprovechamiento a los envases termoplásticos, en la creación de huertas verticales caseras.

7.3.7. Comercialización de residuos reciclables.

Establecer relaciones comerciales con empresas dedicadas a la producción de cartón, vidrio y plásticos para suministrar este tipo de residuos como materia prima para el aprovechamiento de estos, generando además un valor agregado y una rentabilidad a las Empresas Públicas de Tarso S.A E.S. P.

7.4 Implementar estrategias de aprovechamiento de los residuos orgánicos mediante procesos de compostaje para la producción de abono orgánico

7.4.1 Transformación de los residuos sólidos orgánicos urbanos en abono por medio de la implementación de una compostera para su tratamiento.

7.4.1.1 Aprovechamiento de los residuos orgánicos a corto plazo.

Actualmente se está realizando la recolección selectiva de la materia orgánica generada en el casco urbano del Municipio y en convenio con las fincas Madrid y Madrigal se lleva a cabo la transformación de 500 toneladas mensuales por medio de una técnica que incluye la aplicación de microorganismos de la montaña, obteniendo un compost de muy buena calidad para ser comercializado, sin embargo se hace necesario el diseño y la construcción de la unidad de compost del Municipio para de esta manera garantizar el tratamiento permanente de la materia orgánica generada por la población del casco urbano.

7.4.1.2 Aprovechamiento de los residuos orgánicos a mediano plazo.

A mediano plazo, se plantea la alternativa de construcción de una compostera, elaborada de acuerdo con la cartilla técnica de compostaje para residuos domiciliarios separados en la fuente emitida por parte de la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- Corantioquia.

7.4.1.3 Diseño de la planta de compostaje.

7.4.1.3.1 Ubicación.

La ubicación de la compostera se propone como la opción más viable en el mismo terreno donde se encuentra ubicado actualmente el relleno sanitario Los Guayacanes, esto, teniendo en cuenta que cumple con los requerimientos de ubicación tales como:

- Disponibilidad de área: El análisis del área requerida para la estabilización de los residuos domiciliarios debe partir de la cantidad de residuos sólidos orgánicos aprovechables a tratar, proyectados a mediano y largo plazo, de forma tal que se consideren aumentos en la cantidad captada en un periodo de tiempo. El área total debe considerar las diferentes zonas para cada una de las etapas del proceso; entre las cuales se deben incluir:
 - Zona de recepción y eliminación de macrocontaminantes(máximo 2%).
 - Zona de ajuste de tamaño de partícula (1 a 4 cm) y pesaje.
 - Zona de transformación y maduración.
 - Zona de zarandeo, empaque y almacenamiento.

Generalmente se debe prestar especial atención al cálculo del área de transformación. Una aproximación útil para la determinación de esta área es disponer mínimamente de ocho metros cuadrados (8m²) por cada tonelada (1000kg) de material crudo con una densidad aparente de 0.27 g/ml en base seca incluida el área adicional para el proceso de volteo.

Según el diagnóstico de generación de residuos en el municipio de Tarso, los orgánicos corresponden a una cantidad de 25,92 toneladas/mes; lo equivalente 6.48 toneladas/semana, a 0,864 toneladas/día y/o 864 kg/día; cabe tener en cuenta, además, que, a nivel local, la recolección de este tipo de residuos se realiza dos veces por semana, lo que indica que en cada uno de los recorridos realizados para tal fin se estaría recolectando una cantidad aproximada de 3.024 kg/por recorrido, es decir 3,024 toneladas.

Se estima que el proceso de una pila de compost requiere de unas 4 semanas (1 mes); siendo así y por el principio descrito que se requieren 8 m² por cada tonelada de material crudo; se requiere un área aproximada de 207,36 m² en la zona o área de transformación (Paul M. Muchinsky, 2012).

- Vías de acceso: El acceso al lugar debe ser fácil y debe contar con caminos transitables todo el año. Para la disposición de residuos en el relleno sanitario, se cuenta con una vía de acceso veredal que conduce desde la zona urbana hacia la vereda Canaán a aproximadamente 3 kms de distancia del casco urbano.
- Dirección de los Vientos: para la ubicación de una compostera en lo posible la dirección de los vientos vayan desde la comunidad hacia el sitio establecido; si es lo contrario, el sitio debe protegerse de vientos dominantes fuertes, evitando así el desplazamiento del olor generado y posibles partículas del compost, esto es posible construyendo una barrera viva entre la compostera y la comunidad en la dirección del viento.
- Cercanía a las viviendas: Debe ser un lugar discreto y si el proceso va a ser municipal, se recomienda que la compostera se instale por lo menos a 250 metros a zonas habitadas por caseríos, corregimientos, o zonas urbanas, tener en cuenta esta distancia respecto a los límites establecidos en las zonas de expansión Urbana. Actualmente, en el área de influencia del sitio de disposición final, no se cuenta con viviendas cercanas y como se indicó, se encuentra a 3 kilómetros de la cabecera municipal y por lo tanto a una distancia suficiente para realizar el proceso de aprovechamiento orgánico.
- Sanidad: El lugar seleccionado para la ubicación de la compostera debe garantizar el acceso a servicios públicos de energía, acueducto y alcantarillado o la viabilidad ambiental para el trámite de permisos ambientales (concesión de aguas y vertimientos). Según lo diagnosticado, el vertedero actualmente cuenta con suministro de agua mediante acueducto veredal; energía eléctrica y para el tratamiento de las aguas residuales domésticas cuenta con un sistema de tratamiento séptico.

- Topografía: No es aconsejable realizar Instalaciones de infraestructura en lugares inundables o en depresiones. Deben ser lugares topográficamente elevados. El relleno sanitario se ubica en una zona de relieve escarpado.
- Normatividad: Se debe cumplir con la normatividad en materia de desarrollo urbano, tener coherencia con los usos del suelo que establezca el municipio en su Esquema de Ordenamiento Territorial (E.O.T.), Plan Básico de Ordenamiento Territorial (P.B.O.T.), plan de desarrollo municipal o distrito tener el visto bueno de la secretaria de Planeación Municipal. Cabe considerarse, que el sitio de disposición final Los Guayacanes, cuenta con licencia ambiental, dado que cumplía con el uso de suelo para tal fin establecido dentro del EOT municipal.
- Según el decreto 2820 del 2010, se requiere de la licencia Ambiental para la construcción y operación de plantas cuyo objeto sea el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables mayores o iguales a 20.000 toneladas/año. Dado lo anterior, aquellas plantas de aprovechamiento que tengan una producción menor a 20.000 toneladas/año, no requieren de licencia ambiental. Como se relacionó inicialmente, se calcula según información establecida en el PGIRS municipal, que en el municipio de Tarso se generan 25,92 toneladas/mes, lo que indica una cantidad aproximada de 311,04 toneladas/año; lo que indica que no requiere licencia ambiental para su funcionamiento.

7.4.1.3.2 Infraestructura.

Una vez seleccionada la ubicación de la planta y determinada la dimensión de ésta se procede a diseñar cada una de las zonas que componen un proyecto de compostaje. Como cualquier otra planta, una compostera puede ser considerada en su conjunto como un proceso transformador de una materia prima en un producto terminado con valor agregado; bajo esta óptica se deben tener en cuenta zonas destinadas a la recepción y acondicionamiento de los residuos a procesar, zonas de tratamiento o bioestabilización y finalmente áreas de refinado y almacenamiento.

- Área de recepción de materia prima: Debe contar con vías de fácil acceso; piso duro en concreto además de canaletas o ductos para la recolección de lixiviados.
- Área para el almacenamiento temporal del material descartado: Dichos materiales serán acopiados en lugar específico en la planta de transformación, hasta ser llevados al sitio de disposición final. Se recomienda llenar un registro de control de la calidad del material de entrada, para determinar el porcentaje de rechazo inicial, que servirá como indicador de la forma como se está realizando la separación.
- Área de corte o fraccionamiento: Deberá ser un área ventilada, con piso firme, techo y contar con un suministro de energía eléctrica. Deberá colocarse especial atención a garantizar piso duro, ojalá en concreto, con facilidades de drenaje para recoger los lixiviados y para manejar materiales extraños a la materia orgánica que llega con los residuos. En este sitio se colocará la máquina fraccionadora (molino de martillos o similar) que debe ser especificada y fabricada para fraccionar materiales con alto contenido de humedad con una potencia de 3 Hp, de energía eléctrica o a diésel o gasolina y el tamaño de fraccionamiento entre 1 a 4 centímetros. En caso de no contar con el presupuesto para la adquisición de dicha máquina, inicialmente el proceso de fraccionamiento podrá realizarse con la implementación de herramientas como machetes.

El área debe ser acondicionada teniendo en cuenta criterios ergonómicos y de espacio de forma que permita realizar esta operación de forma continua.

- La pila debe contener el material que llega al sitio en un período máximo de 1 día, estas se deben organizar por hileras y en una forma piramidal.
- La materia prima fraccionada tiene por lo general un peso específico de 350 kilogramos por cada metro cúbico. Bajo estas condiciones, cada tonelada de material fresco fraccionado ocupará un área de 4 m². Con esta información, es sencillo calcular el área ocupada por cada pila.
- Área de Transformación: Es el área donde se ubicará el material orgánico a ser transformada, si hay un proceso adecuado no se debe presentar lixiviados,

igualmente se requiere contar con un cerramiento que permita el control de proceso y a su vez facilite el manejo integral de plagas.

- Canaletas: Se debe contar con dos sistemas de recolección de líquidos, uno destinado al manejo de aguas lluvia que se debe conducir a un sitio diferente del sistema para el tratamiento de los lixiviados y otro para la recolección y conducción de lixiviados.
- Área de maduración: Es el sitio dentro de la planta donde se realizan los ajustes finales al compost para su posterior comercialización o utilización. Es importante tener presente que para saber si una pila esta lista para llegar a esta área de maduración debe tener una temperatura igual a la siguiente: la temperatura ambiente del sitio más 5°C, con ello ya se considera que este pasa a la zona de maduración.

En esta zona se deben realizar las siguientes actividades:

- Ajustes de humedad (secado), para esta fase la humedad debes estar entre un 20 % al 30%.
- Clasificación por tamaño de partícula (zarandeo o tamizado): Aquí se puede realizar un fraccionamiento del material compostado. Para una adecuada presentación del producto se debe contar con una granulometría entre 3mm y 5mm.
- Empaque y almacenamiento del producto terminado: Se recomienda realizar el empaque en costales de fibra con una capacidad de 40 a 50 kgr por su porosidad. Para almacenar, se requiere un área de 1,2 m² para almacenar dos toneladas de material compostado, este se debe almacenar en penumbra.
- Área de alimentación: Los residuos sólidos orgánicos son fuente de una gran variedad de microorganismos entre los cuales se pueden contar algunas especies de patógenos, razón por la cual es estrictamente necesario contar con una zona de alimentación externa a la zona de estabilización en pro de la salud de los trabajadores. En el área del relleno sanitario, se cuenta con una caseta de operaciones que pueden suplir dicha necesidad.

- Servicios sanitarios: En la compostera se debe contar con instalaciones sanitarias dotadas con sanitario, lavamanos y ducha; para el caso de los hombres se requiere además de un orinal. En el área del relleno sanitario, se cuenta con una caseta de operaciones que cuenta con unidades sanitarias.
- Vestier: Por razones de salud ocupacional la indumentaria utilizada en las labores de compostaje debe ser diferente a aquella utilizada en su vida cotidiana; por esta razón se hace necesario contar con instalaciones que faciliten el cambio de ropa y el almacenamiento de la misma. El área para los vestidores y lockers debe ser como mínimo de 0.25 mts² por cada 100 mts² de área construida (Secretaría General de la Alcaldía Mayor de Bogotá D.C., 2007). En el área del relleno sanitario, se cuenta con una caseta de operaciones que pueden suplir dicha necesidad.
- Área de tratamiento de lixiviados: Los lixiviados producidos en la planta deben ser conducidos a un tanque de almacenamiento; con techo en plástico a dos aguas con ventilación para que el agua se evapore y el sólido que quede decantado se utiliza para el ajuste de la humedad de las mismas pilas; en caso de que la producción de lixiviados supere la cantidad demandada para la humectación, se requiere la construcción de una unidad de tratamiento de lixiviados que garantice unas condiciones de acuerdo a la norma de vertimiento vigente. En caso de presentarse esta última situación, en el sitio de disposición final se dispone de un sistema de tratamiento de lixiviados generados en el vertedero; permitiendo brindar tratamiento a estos remanentes.

7.4.1.3.3 equipos, maquinaria y herramienta.

Los equipos, maquinaria y herramientas utilizadas en la producción de compostaje permiten la realización de todas las operaciones y adecuaciones cotidianas al interior de la planta; estas herramientas facilitan y aceleran el proceso de estabilización, lo que las convierte en verdaderas aliadas para la producción. A continuación, se mencionan algunas de las herramientas más comunes para la producción de compostaje:

- Trituradora: Molino fraccionador de orgánicos de 3 caballos de fuerza y que sea para manejo de material húmedo, necesario para ajustar el tamaño de partícula de los materiales a compostar, también se utiliza para ajustar la granulometría del producto terminado. Este molino se debe empotrar al piso buscando con ello una mayor seguridad.
- Termómetro: Es de gran importancia para el seguimiento y control de la temperatura al interior de las pilas. Es recomendable usar un termómetro o termocupla que se pueda introducir en la pila.
- Higrómetro para Suelos. Es un instrumento que se usa para medir el grado de humedad del aire, del suelo, de las plantas o humedad, dando una indicación cualitativa de la humedad ambiental.
- Zaranda: Ésta es requerida para clasificar el material por tamaño de partícula, con el objetivo de mejorar su presentación. Para esto se utiliza un tamiz o zaranda normalmente de 3mm y 5mm de separación.
- Herramientas menores: Hay herramientas muy simples que cumplen una gran labor, como, por ejemplo: las palas que se usan para el mezclado, armado y volteo de las pilas; las carretas para el transporte de material, el rastrillo que se usa para aflojar el material mejorando el intercambio gaseoso y la manguera que es utilizada para la humectación del material.

7.4.1.3.4 Pruebas de laboratorio (según ICA).

Algunas mediciones más estrictas y por consiguiente más confiables se relacionan a continuación.

- Carbono Orgánico.
- Nitrógeno total.
- Cenizas.
- Capacidad de intercambio catiónico.
- pH.
- Conductividad.

- Potasio.
- Fósforo.
- Capacidad de retención de agua.
- Metales pesados.
- Pruebas microbiológicas.
- Presencia de fitotóxicos.
- Ensayos respirométricos.

7.4.1.3.5 Seguimiento y control del proceso de compostaje.

Con el objetivo de garantizar una biotransformación bajo condiciones controladas que permitan conservar y aprovechar los nutrientes presentes en los residuos, reducir los tiempos de estabilización y obtener un material orgánico que enriquezca las propiedades del suelo; se recomienda hacer un seguimiento y control a los siguientes parámetros:

- **Temperatura:** La evolución de la temperatura es considerada un indicador de la actividad metabólica de las poblaciones de microorganismos involucradas en el proceso, por lo que es indispensable su medición. La Temperatura varía en las tres direcciones de la pila, por lo que se recomienda seleccionar puntos representativos de la misma para evaluar la evolución de ésta; esta medición debe realizarse diariamente al igual que la temperatura ambiente, las cuales deben registrarse. Si la temperatura interna sube más allá de 65°C, en ese momento se debe realizar el proceso de volteo de la pila.
- **Aireación:** La disponibilidad de oxígeno en los procesos biooxidativos constituye un factor crítico, si se tiene presente que la mayor parte de la transformación se da gracias a la acción de organismos aerobios, es decir, el tiempo del proceso dependerá entre otras variables de la disponibilidad de oxígeno, por lo que este factor influirá directamente en la velocidad de la degradación del material orgánico. El material deberá ser volteado en las dos (2) primeras semanas con una frecuencia tres (3) veces por semana, en las siguientes dos (2) semanas dos (2) veces por

semana, complementando esta actividad en los días restantes con perforaciones o rastrilleo en el material y en las cuatro semanas siguientes una vez por semana. El proceso de fermentación toma generalmente 4 semanas.

Una mala aireación trae como consecuencia la pérdida en la concentración de Oxígeno alrededor de las partículas alcanzando valores inferiores al 20% (concentración normal en el aire), en este caso, se producen condiciones favorables para el inicio de las fermentaciones y las respiraciones anaeróbicas.

➤ Humedad: La presencia de agua en el proceso de compostaje siendo este, como se dijo antes un proceso biológico, es indispensable para garantizar las necesidades fisiológicas de los microorganismos, es por esto que el seguimiento de esta variable se hace todos los días de forma manual, para lo cual se toma una muestra y se hace la prueba del puño, que se realiza apretando con la mano la muestra y dependiendo de su respuesta se clasifica como:

- Muy húmedo: Si al apretar sale un pequeño chorro de agua (humedad mayor al 60%), en este caso se ajusta la humedad por medio de volteos o por adición de material seco.
- Goteo: Si al apretar salen entre 3 y 5 gotas, en este caso la humedad está en el rango recomendado (40%-60%).
- Húmedo: Si al apretar no salen gotas, pero al abrir la mano y dejarlo caer se conserva la forma, en este caso igual que en el anterior, la humedad está dentro del rango recomendado (40%-60%).
- Seco: Si por el contrario la forma al dejarla caer no se conserva, el porcentaje de humedad está por debajo del nivel recomendado (menor a 40%) y se debe humectar hasta ajustar.

En la etapa final del proceso, fase de maduración se debe tener una humedad entre el 20% a 30%, para contar con un buen compostaje. En caso de que el material esté seco, se procede a humectar las pilas hasta obtener una humedad que favorezca la actividad microbiana.

7.4.1.3.6 Prevención y control de plagas.

El proceso de estabilización de la materia orgánica tiene asociado un riesgo inherente de atraer ciertas plagas, principalmente moscas. Con el objetivo de garantizar el manejo integral de plagas, se recomienda implementar las siguientes medidas:

➤ Preventivas:

- Es importante que los residuos a fraccionar no permanezcan más de 24 horas sin procesar, ya que generan problemas de índole ambiental, tales como vectores y olores.
- Manejo adecuado del proceso, evitando la aparición de zonas anaerobias.
- La zona de transformación debe permanecer libre de residuos mediante barridos permanentes.
- Eliminación de aguas estancadas en los alrededores de la zona de tratamiento.
- Estrategia de búsqueda, recolección y eliminación de larvas y pupas para evitar que continúen su ciclo de vida.
- Evitar el ingreso de insectos voladores a la planta.
- Las canecas destinadas para el almacenamiento de residuos sólidos inorgánicos y orgánicos que no cumplan con los criterios para el tratamiento, se mantendrán todo el tiempo debidamente tapadas y se ubicarán en el lugar destinado para tal fin.
- En todas las áreas de la planta de compostaje de residuos se buscará eliminar lugares aptos para albergar plagas.
- Esquinas oscuras.
- Grietas en pisos y paredes.
- Los equipos se ubicarán alejados de las paredes y se procurará que exista distancia entre éste y el piso para facilitar la inspección y limpieza.
- Se mantendrá el orden dentro y fuera de la planta de tratamiento de residuos sólidos orgánicos todo el tiempo.

- Alrededor de la planta de tratamiento se instalarán cercos vivos, los cuales servirán de barrera para algunas especies de insectos voladores y también como medio de aislamiento paisajístico con la comunidad vecina.
- **Correctivas:**
 - Instalación de Trampas Cilindrocónicas - sebo biológico (control físico), las cuales serán utilizadas para reducir la población de moscas adultas mediante su captura.
 - Cintas engomadas atrapamoscas para la captura de moscas adultas.
 - Liberación de microavispa (control biológico) estas avispa parasitoides interrumpen el ciclo de vida de las moscas evitando su nacimiento y el empleo de gallinas.
 - Control biológico y físico para el control de roedores tanto en la planta de tratamiento como en los alrededores

7.4.1.3.7 Criterios de madurez.

La madurez de un compost está definida fundamentalmente por la aparición de determinadas características que tienen que ver con la estabilización de los procesos biológicos, químicos y físicos de la materia orgánica. A continuación, se citan algunos de los más utilizados:

- **Indicadores sensoriales:**
 - La valoración del color, el olor y la apariencia son criterios razonables para el rechazo de un producto que presenta problemas evidentes.
 - Color: Marrón oscuro o negro.
 - Olor: Terra húmeda.
 - Apariencia.
 - No se generan gases.
 - No se identifican los residuos inicialmente incorporados.
 - Al presionar el material no se compacta, es ligero al tacto.
 - No se identifican organismos.

- No atrae moscas.

➤ Temperatura:

La evolución de la temperatura es considerada un indicador de la actividad metabólica de las poblaciones de microorganismos involucradas en el proceso. Durante el transcurso de la descomposición de los residuos se manifiestan tres fases identificadas por la temperatura promedio de la pila:

- Fase mesófila: Está comprendida entre los 20°C- 45°C y se da al inicio del proceso, la cual puede durar un par de días.
- Fase termófila: Entre los 45 a 70°C es la fase siguiente a la mesófila, la cual puede durar varios días a varias semanas.
- Fase de enfriamiento (mesófila): inferior a 45°C, ésta disminución es la primera evidencia del agotamiento del sustrato como alimento de los organismos descomponedores, por lo tanto, determina el momento de la finalización del proceso, ya que no cambia (en un producto debidamente estabilizado) aunque se ajuste el contenido de humedad, es decir, aunque se promueva la actividad microbial, puede tomar varios meses.

Tabla 18: Clasificación de los compost según su capacidad de autocalentamiento.

Incremento de temperatura respecto a la ambiental.	Clasificación	Descripción del grupo.	Grupo
0-10	V	Muy estable	Compost finalizado
10-20	IV	Moderadamente estable	Compost finalizado
20-30	III	Poco estable	Compost activo
30-40	II	Inmaduro	Compost activo
>40	I	Fresco	Compost fresco.

Fuente: Brinton, Evans & Droffner.

7.4.1.3.8 Prueba de la bolsa.

Existe una forma sencilla para determinar de forma cualitativa la madurez de un compost; esta prueba consiste en tomar aproximadamente 1 kilo de compost en una bolsa transparente, cerrarla y ubicarla en un lugar fuera del sol directo a temperatura ambiente. Si después de 24 horas la bolsa ha transpirado mucho, por aumento de la temperatura dentro de ella, es porque aún no se encuentra maduro y debe seguir procesándose. Otra forma alternativa y similar a la anterior, es poner un puñado de compost en una bolsa con cierre (tipo sándwich) sin aire. Dejarlo por unos días, si tiene buen olor (de tierra fresca) al abrir la bolsa está madura, pero si tiene mal olor le falta más tiempo para madurarse. Es importante aclarar que las dos pruebas anteriores son simplemente aproximaciones al estado de madurez de un compost y no representa evidencia suficiente de la terminación del proceso por lo cual deben ser acompañadas por pruebas de laboratorio.

7.4.1.3.9 Refinado y empaque.

Una vez determinado el fin del proceso bioxidativo mediante la combinación de las pruebas antes citadas; se procede a iniciar el refinado, el cual puede ser considerado como la última etapa de la producción de compost.

El refinado se realiza mediante la secuencia de las siguientes actividades:

- **Secado:** Con el objetivo de disminuir el porcentaje de humedad, se procede a extender el material en una superficie con una altura del material extendido no superior a 10cm, para facilitar la transferencia de agua hacia el ambiente y disminuir el contenido de agua en el producto.
- **Ajuste de tamaño de partícula:** La disminución del tamaño de partícula aumenta las propiedades de transporte mediante el incremento del área superficial, facilitando la terminación del proceso bioxidativo, además de mejorar la apariencia para su comercialización.

- Post tratamiento: Con el fin de garantizar la terminación del proceso, inclusive después de la disminución del tamaño de partícula, se recomienda conformar nuevamente las pilas con el material triturado, ajustando el porcentaje de humedad y la disponibilidad de oxígeno, para promover de esta forma la actividad microbiana. Esta tarea se debe realizar hasta que se evidencie la finalización de la actividad microbiana, determinada a partir de incrementos de la temperatura.
- Clasificación por tamaño de partícula: Con la seguridad de la finalización del proceso, se procede a zarandear el producto, para separar el material grueso (sobrante) y algunos macrocontaminantes; finalmente se empaqueta el COMPOST de acuerdo con las exigencias del mercado. El producto se basa en su granulometría, se debe pasar por una zaranda con diámetros de 3mm y 5mm; el primero se puede aplicar en vivero, hortalizas, ornato pastos y el segundo en frutales y sin tamaño en frutales o en reforestación.
- Empaque: Con el objetivo de proteger y facilitar el transporte del material, éste debe ser empacado de acuerdo con las necesidades del mercado, cuidando en todo momento la ergonomía de las personas (Paul M. Muchinsky, 2012).

7.4.1.3.10 Esquema de área de compostaje o compostera.

Tabla 19: Componentes Compostera Relleno Sanitario Los Guayacanes.

RECEPCIÓN ELIMINACIÓN DE MACROCONTAMINANTES PESAJE AJUSTE INICIAL	(1)	POST TRATAMIENTO	(6)	BAÑOS	(11)
HERRAMIENTA	(2)	ALMACENAMIENTO Y EMPACADO	(7)	VESTIER	(12)
ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS	(3)	INGRESO- SALIDA	(8)	ZONA DE MANIOBRAS	(13)
ZONA DE TRATAMIENTO	(4)	ADMINISTRACIÓN	(9)	VÍA DE ACCESO	(14)
REFINADO	(5)	ALIMENTACIÓN	(10)	TRATAMIENTO DE LIXIVIADOS	(15)

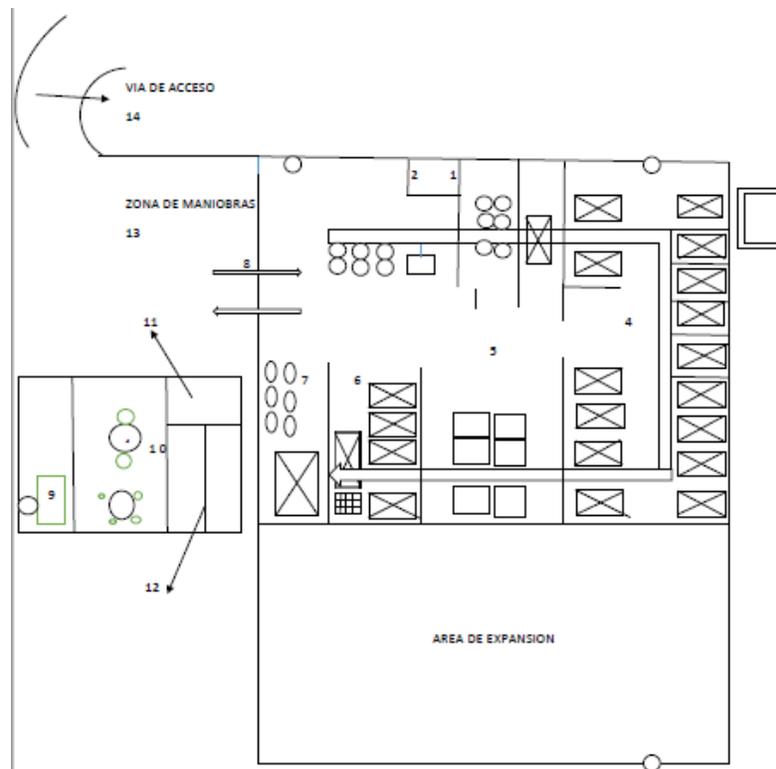


Figura 6: Esquema Compostera Relleno Sanitario Los Guayacanes.

7.5 Verificación del tiempo o periodo restante del otorgamiento de la licencia ambiental del relleno sanitario Los Guayacanes y brindar alternativas de cumplimiento a los requerimientos de esta efectuados por parte de la autoridad ambiental

Expediente de licencia ambiental: CA3-2009-7

Resolución que otorga la licencia ambiental: 130CA-1104-6662.

Tiempo por el cual se otorga la licencia ambiental: 18 años.

Fecha de la resolución: 07 abril del 2011.

Fecha de notificación: 07 abril 2011.

Fecha de vencimiento: 07 abril 2029.

Tiempo restante de otorgamiento de licencia ambiental: 8 años y 11 meses.

Mediante Resolución 130CA-9384, se establecieron las siguientes obligaciones:

- Descripción de detallada del proceso de planificación del Servicio público de Aseo en las actividades complementarias de disposición final de residuos sólidos, basada

en el Plan de Ordenamiento Territorial con el fin de verificar el uso del suelo; Reglamento Técnico RAS 2000; Reglamento Operativo.

- Formular y presentar el reglamento operativo que incluya el cronograma de actividades de acuerdo a las especificaciones del numeral F 6.7.1.1 del título F del RAS.
- Definir los responsables en la ejecución y actualización del Plan de Trabajo y Construcción de acuerdo a lo establecido en el decreto 838 de 2005.
- Definir y presentar la metodología operativa que garantice el cabal cumplimiento de las condiciones de operación.
- Levantamiento topográfico altiplanimétrico que incluya la ubicación de los componentes del relleno sanitario, tales como caseta, obras de evacuación de gases, tanques para líquido lixiviados y sus canales, sistema de tratamiento de aguas residuales, linderos y vías de acceso.
- Cálculo de proyección de vida útil definida en metros cúbicos y años.
- Definir mediante cronograma de actividades las acciones de revegetalización, paisajismo y adecuación de nuevas áreas o plataformas de operación para la disposición final en futuras etapas.
- Detallara claramente de donde se abastecerán las necesidades hídricas del proyecto, si se requiere concesión de aguas como se menciona en la solicitud o serán usuarios de un acueducto veredal.
- Presentar el plan de inversión del 1% en cumplimiento al Decreto 1900 de 2006.
Al verificarse en la base de datos de corantioquia y la cual es accesible al público denominada e-sirena, pudo verificarse que dicha obligación, fue cumplida mediante Comunicación Oficial Externa con radicado 130CA-1103-410 y, por lo tanto, se otorgó la licencia ambiental para el relleno Sanitario Los Guayacanes.
Posteriormente, mediante Acto Administrativo 160CA-1612-10633, fueron dispuestas las siguientes amonestaciones y obligaciones:
- Requerir de manera inmediata a las Empresas Públicas de Tarso para que suspenda de manera inmediata las actividades de disposición de escombros en el

área del relleno sanitario Los Guayacanes y proceda a realizar vigilancia necesaria que impida incluso que particulares y ciudadanos ingresen a dicho establecimiento.

- Deberá ejecutar en un plazo máximo de 3 meses todas y cada una de las actividades descritas y recomendadas en los informes técnicos realizados: - proceder a construir canales de evacuación adecuada de las aguas lluvias en el lugar destinado como área de maniobra, debido a que se presentan dificultades para la movilización adecuada del carro recolector, se observa además encharcamiento y humedad, en este lugar cada que llueve se generan procesos de estancamiento del agua que fluye por la vía de acceso y del agua que se deposita directamente por el fenómeno de la lluvia.
- Adecuar las chimeneas de desfogue de gases con tubería terminando en tipo de garganta de ganso (codos de 90°) para evitar el ingreso de aguas lluvias.
- Realizar actividades tendientes a la implementación del PGIRS y construir una compostera para el tratamiento adecuado de los residuos orgánicos generados en el municipio de Tarso.
- Disponer o distribuir adecuadamente los costales recibidos (de actividades mineras) con el fin de evitar desorden en la plataforma.
- Adquirir un rodillo manual o vibro compactador para garantizar la compactación más eficiente de los residuos y así aumentar la vida útil del relleno.
- Velar porque los operarios del relleno utilicen continuamente los elementos de protección personal como botas, guantes de carnaza, guantes plásticos, tapabocas y botas de caucho con el fin de evitar riesgos en la salud.
- Proceder a inspeccionar la tubería de recolección del líquido lixiviado, para lograr canalizarlo adecuadamente por la tubería que llega al sistema de tratamiento y remoción apropiada de la carga contaminante, lo anterior debido a que al STARI solo está ingresando aguas lluvias.
- Garantizar que luego de cada una de las jornadas de trabajo no queden expuestos residuos al ambiente, así se evita la afectación del paisaje, la generación de olores ofensivos a la comunidad, proliferación de vectores, gallinazos entre otros.

- Realizar jornadas de capacitación a los técnicos y operarios sobre el cumplimiento del manual de operación y mantenimiento del relleno, dejando registros escritos y allegarlos como informe a la actual licencia.
- Dar cumplimiento al plan de manejo ambiental y realizar las caracterizaciones de acuerdo con los parámetros mencionados en el PMA. - Dar cumplimiento al plan de gestión del riesgo e implementar las acciones propuestas para situaciones de riesgo, no solo de incendios y explosiones, sino en general (señalización de rutas de evacuación, identificación de puntos de encuentro, ubicación de extintores, entre otros).
- Cubrir los residuos con un material de tamaño de grano más grande de manera que se permita la percolación de los lixiviados y se concentren en el sistema de tratamiento y no fluyan por encima.
- Construcción de obras para una adecuada evacuación de las aguas lluvias solo en patio de maniobras.
- Implementar la bitácora que incluya frecuencia y rutas de recolección, número de ingreso de vehículos, capacidad del vehículo en volumen.
- Reparar la membrana de tal modo que garantice la impermeabilización del área de disposición.
- Restringir el acceso de animales domésticos al relleno sanitario.
- Realizar mantenimiento a la vía de acceso, en la limpieza de canales de aguas lluvias para evitar socavación por escorrentía.
- El recubrimiento de las celdas se deberá mejorar utilizando mínimo 10 cms de tierra y lograr una compactación con equipos mecánicos o manuales.
- Realizar una recolección de basuras como llantas y otros elementos que se dispusieron en el relleno y conformar una nueva celda para mejorar el aspecto del relleno.
- Amonestar por escrito a la Empresa de Servicios Públicos de Tarso S.A E.S.P por la disposición de escombros en el área del relleno sanitario Los Guayacanes, actividad que se encuentra prohibida por la legislación ambiental permitiendo con

ello reducir la vida útil del Centro de Disposición Final de residuos sólidos de esta localidad y de contera en detrimento patrimonial.

Para dichos requerimientos, se han venido realizando visitas técnicas por parte de la Autoridad Ambiental al sitio de disposición final con el fin de verificar el cumplimiento de las mismas y, esto, tras la última visita realizada y de la cual se obtuvo el informe técnico 160CA-IT1810-9737 del año 2018; se recomendó imponer las siguientes obligaciones:

- Requerir por última vez la construcción de canales de evacuación adecuada de las aguas lluvias en el lugar destinado como área de maniobra. Debido a que se presentan dificultades para la movilización adecuada del carro recolector.
- Los documentos como la bitácora, el manual de operación y mantenimiento, deben permanecer en la caseta de control para servir como guía en la orientación, indicaciones y especificaciones técnicas del manejo y operación del relleno sanitario. Diligenciar bitácora continuamente.
- Requerir por última vez la adquisición de un rodillo manual o vibro-compactador, para garantizar la compactación más eficiente de los residuos y así aumentar la vida útil del relleno.
- Enviar a la corporación un informe escrito y registro fotográfico de las jornadas de capacitación realizadas a los operarios del relleno sanitario sobre el cumplimiento del manual de operación y mantenimiento del relleno.
- Mantener siempre el suficiente material de cobertura que evite la proliferación de vectores.
- Requerir por última vez LA CONSTRUCCIÓN DE UNA COMPOSTERA para el tratamiento de los residuos orgánicos con el fin de cumplir con el PGIRS. Debe enviarse una copia a la corporación, donde se informe de las acciones tendientes a mejorar el proceso de compostaje del material orgánico.

7.5.1 Estrategias de mejoramiento de las obligaciones impuestas por parte de la Autoridad Ambiental.

- Se realizará la adecuación de una zanja perimetral de drenaje, la cual se construiría con dimensiones de 0,50 m x 0,50 m (o superior en caso de ser requerido), cubierta con una geomembrana para evitar infiltraciones que puedan causar procesos erosivos y cubierto con grava de diferente granulometría, constituyendo un drenaje denominado ciego o francés (French drain) y cuya disposición se direccionaría hacia el afluente de la quebrada La Batea.



Figura 7: Zanja de drenaje tipo French drain.

- Disponer o trasladar la bitácora y el manual de operación y mantenimiento de manera permanente en el relleno sanitario Los Guayacanes, diligenciando la información operativa y la recomendada en el presente proyecto.
- Se deberá adquirir un compactador manual cuyo valor en el mercado depende de manera exclusiva del fabricante, otra de las alternativas es un compactador canguro que en el mercado tiene un valor aproximado de 5'500.000 marca Honda o un vibro compactador que en la empresa ECOMEC S.A tiene un valor de 9'000.000 ambos de marca Honda.

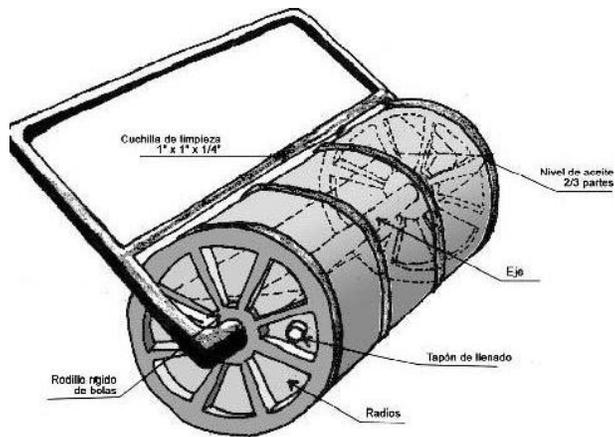


Figura 8: Compactador manual. fuente: Documento de diseño relleno sanitario Los Guayacanes.



Figura 9: compactador tipo canguro. fuente: ECOMEC S.A.



Figura 10: Rodillo compactador. fuente: ECOMEC S.A.

- Una vez, se adopten las estrategias de capacitación de los operarios del relleno sanitario por parte de las Empresas Públicas del Municipio de Tarso S.A E.S. P, se deberá atender dicha obligación por parte de las mencionadas tras la realización de dicha actividad.
- En el numeral 7.2.3, fueron formuladas las estrategias para el control de vectores y roedores; no obstante, como se mencionó en el mismo, se requiere del buen desarrollo operativo para tal fin, es decir, se requiere un adecuado proceso de esparcimiento de los residuos sólidos, cobertura y compactación de estos.
Ahora bien, la explotación de una cantera para obtener dicho material, requeriría la solicitud de una licencia ambiental para tal fin como actividad de explotación de minerales, lo cual, económicamente no es viable para el municipio de Tarso; por lo dicho, se plantea la posibilidad de realizar como alternativa para la obtención de material de cobertura, convenios entre la administración municipal y la concesión Pacifico 2, encargada de la construcción de las autopistas de la prosperidad en el tramo desde el municipio de La Pintada hasta el corregimiento de Peñalisa; pasando por un tramo perteneciente al municipio de Tarso, de manera tal, que se permita realizar un aprovechamiento del material de remoción del suelo y trasladarlo hasta el relleno sanitario.
- La estrategia concerniente a dicho requerimiento se realizó en el numeral 7,4.

7.6 Presupuesto.

Tabla 20: Presupuesto de implementación de estrategias.

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACION DE LAPROPUESTA PARA LA
OPTIMIZACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DEL RELLENO SANITARIO LOS
GUAYACANES DEL MUNICIPIO DE TARSO ANTIOQUIA

Diagnostico	UN	1	Valor
Profesional	8 horas *50000		\$ 400.000
Materiales (copias, impresión, escaneo)			\$ 25.000
Desarrollo del Proyecto	UN	1	Valor
Materiales			\$ 250.000
Capacitación			\$ 500.000
Implelentacion de estrategias para el aprovechamiento de residuos	UN	1	Valor
Materiales			\$ 120.000
Material Divulgación			\$ 300.000
Capacitación			\$ 500.000
Otros gastos			Valor
Materiales			\$ 750.000
TOTAL, COSTO DE IMPLEMENTACION			\$ 2.845.000

8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Luego de haberse diagnosticado la condición actual tanto de la gestión integral de los residuos del municipio de Tarso Antioquia, mediante la revisión de la información provista en el Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos (PGIRS); pudo identificarse que a nivel local la generación de residuos sólidos corresponde a 48 toneladas al mes; siendo el 60% de ellos de carácter biodegradable, el 28% reciclable y el 12% ordinario.

No obstante, se evidenció tras el análisis de la información consignada en dicha fuente de información, que del 28% correspondiente a material de características reciclables, sólo el 12,7% es aprovechado por parte de tres personas independientes que realizan labores afines, por lo que se está dejando de aprovechar un 87,3% de este tipo de materiales y que finalmente es depositado en el sitio de disposición final.

En cambio, los residuos de tipo orgánico, se considera que un porcentaje desconocido, pero poco representativo, es aprovechado como alimento de animales de granja o como abono en descomposición, pero, en el ámbito local no se cuenta con estrategias de aprovechamiento de este y razón por la cual, este es dispuesto finalmente en el relleno sanitario Los Guayacanes.

Por lo descrito, puede determinarse que la inadecuada disposición de los residuos sólidos en el municipio de Tarso Antioquia, ocasiona una colmatación o disminución más acelerada de la vida útil del relleno sanitario; además que, para este, generaría mayores concentraciones de gases y lixiviados impactando de manera negativa los recursos naturales como es el caso del agua y el aire, además de requerir mayor maniobrabilidad para el tratamiento y manejo de los mismos.

De igual manera, se verificaron los procesos operacionales que establece el Decreto 838 del 2005; tras confrontar la información documental y operacional del vertedero, se obtiene como resultado que de once procesos operaciones y programas de

control y monitoreo, sólo se realiza un adecuado procedimiento de operación en dos criterios concernientes al pesaje y registro de los vehículos que ingresan al sitio de disposición final y el cubrimiento de los residuos; pero, los procesos que se realizan de manera inadecuada corresponde a siete actividades operacionales y en cuanto a las dos restantes, se estimó por parte de la Autoridad Ambiental en el informe técnico 130CA-13130 del 03 de mayo de 2010 la no necesidad de realizar control y monitoreo de los gases y concentraciones que hacen explosiones; pues, se estima que por ser un relleno sanitario manual y por tratarse de una población relativamente pequeña; la generación de los mismos sería poco representativa; de otro modo, el control y monitoreo al sistema de compactación según el Reglamento Técnico del sector agua potable y saneamiento básico no sería requerido por no contar al momento con un vehículo compactador; siendo por esto considerable un 18,2% de adecuada operación; un 18,2% que no requiere tenerse en cuenta y un 63,6% de ineficiencia en los procesos del mismo.

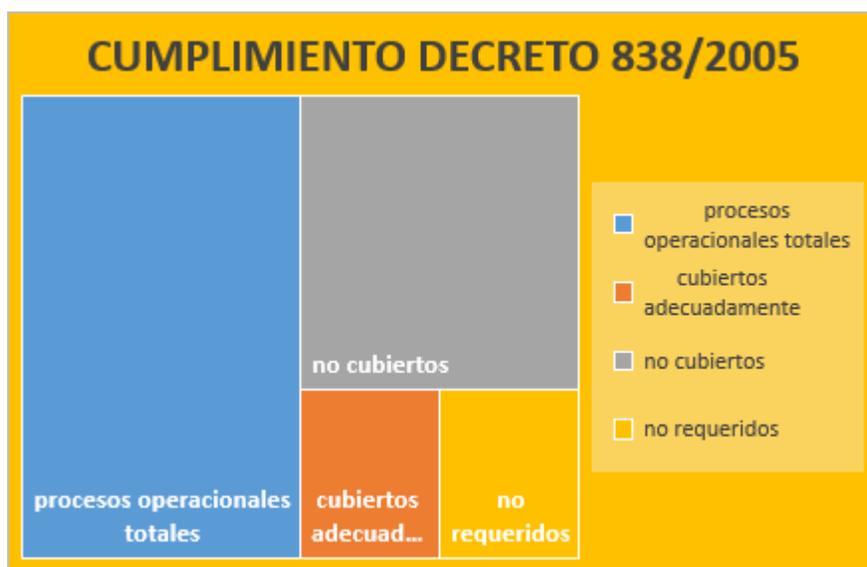


Figura 11: Cumplimiento de las operaciones del relleno sanitario confrontadas con el Decreto 838/2005.

Ahora bien, como es conocido, una ineficiencia operacional en el relleno sanitario puede generar impactos negativos sobre el medio ambiente y/o el componente social, es por esto, que se procedió de igual forma a realizar valoración de la

importancia de la afectación por riesgo, de acuerdo a la metodología utilizada por la Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia- Corantioquia basada en la matriz de impactos de Conesa Fernández para establecer las posibles alteraciones que pudieran generarse por la inadecuada operación del relleno sanitario obteniendo que de los siete procesos que presentan inconsistencias, cinco obtuvieron una valoración negativa de la importancia de la afectación por riesgo severa, una de ellas crítica y la restante moderada.



Figura 12: Resultado de la valoración de impactos por riesgo de las deficiencias operacionales identificadas en el relleno sanitario.

El presente proyecto, permitió formular siete estrategias o alternativas concernientes a la operación, control y monitoreo de las actividades desarrolladas en el sitio de disposición final a igual cantidad de deficiencias evidenciadas en el diagnóstico realizado con relación al Decreto 838 de 2005 y las cuales se enfocan en la gestión y manejo de RESPEL de acuerdo a lo establecido en el decreto 4741 de 2005 para de esta manera evitar o prohibir el ingreso de este tipo de residuos al vertedero; de igual forma, se establecieron alternativas de gestión para la gestión de ACU según lo dispuesto por la Resolución 316 de 2018 y con el fin de evitar el ingreso de sustancias líquidas al sitio de disposición final; para el control de vectores

y roedores, se propuso la realización de inspecciones periódicas a las instalaciones y operaciones, teniendo en cuenta, que este tipo de individuos son indicadores de un manejo inadecuado en el mismo, por demás se formuló una estrategia de cebo para los mismos de manera artesanal por medio de la implementación de mosqueras; se propuso un cercamiento en malla o eléctrico con las debidas señalizaciones establecidas en el plan de señalización presentado en el Plan de Manejo Ambiental establecido dentro del Estudio de Impacto Ambiental para el otorgamiento de la licencia con el fin de controlar el acceso al público y prevención del ingreso del tráfico vehicular y descargue ilegal de residuos; mediante las estrategias de separación en la fuente, reciclaje, rutas selectivas, señalización, adecuación de la bodega de almacenaje de este tipo de residuos y descarga en la misma, se contribuirá a evitar actividades de reciclaje en los frentes de trabajo por la no necesidad de clasificación de los residuos para disposición final; sí mismo, se debió verificar las condiciones establecidas en el permiso de vertimientos otorgado dentro de la licencia ambiental, permitiendo identificar que se debía realizar semestral y anualmente caracterización tanto al sistema de tratamiento de los lixiviados y aguas residuales domésticas (ARD), como de la corriente de agua La Batea en periodos o temporadas de aguas altas, por lo tanto, se elaboró un plan de monitoreo de acuerdo a las metodologías establecidas para la toma de muestras de AR y la guía de toma de muestras de aguas superficiales, como también teniendo en cuenta el manual piragüero de Corantioquia para los aforos de Caudal del cuerpo de agua; como anualmente se debe efectuar una caracterización de los residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario de acuerdo a la metodología del RAS en su título F, se formuló una estrategia para tal fin con base en el modelo por diferencia de pesos y cuarteo del artículo científico denominado “Caracterización de Residuos” de Rendón, 2010 de la Institución Unversitaria Tecnológico de Antioquia y el método de muestreo del RAS 2017 título F; finalmente en cuanto a los procesos de operación, se estableció la necesidad de realizar inspecciones periódicas a las instalaciones del relleno sanitario y los operarios del mismo de manera tal que se

pueda verificar el cumplimiento de las medidas de protección y señalización establecidas en el Plan de Manejo Ambiental (PMA) del Estudio de Impacto Ambiental (EIA).

Respecto a los hallazgos de las deficiencias presentadas en la gestión de los residuos sólidos, según lo diagnosticado en el PGIRS del municipio de Tarso, se formularon siete estrategias de manejo de los residuos reciclables, las cuales contribuirán a disminuir la carga dispuesta en el relleno sanitario Los Guayacanes y que en el momento generan una rápida colmatación del mismo; para esto, se realizarán campañas de sensibilización y educación ambiental y segregación a distintos grupos poblacionales, separación en la fuente de residuos sólidos mediante la implementación del código de colores en cada una de las viviendas y para lo cual se dotaría a las mismas de los recipientes necesarios, capacitación a los operarios del relleno sanitario Los Guayacanes frente al manejo adecuado de los residuos sólidos y la importancia de una adecuada operación y mantenimiento del sitio de disposición final, reactivar la asociación de recicladores, implementación de una ruta selectiva para la recolección del material de tipo reciclable, aprovechamiento de material reciclado para la elaboración de manualidades y finalmente comercialización de los mismos para evitar ser dispuestos en el vertedero.

Para los residuos orgánicos, se formularon dos estrategias de aprovechamiento, a corto plazo se plantea la entrega de este tipo de material a las fincas o predios dedicados a actividades agrícolas con el fin de efectuar un proceso de compostaje para posteriormente ser aprovechados como abono orgánico en cada una de ellas; mientras que a mediano plazo, se plantea la construcción de una compostera donde se implementarán procesos aerobios, para posteriormente ser aprovechados por los habitantes del municipio en actividades de plantaciones ornamentales, de igual forma en los predios que cuentan actividad agrícola y en caso de presentarse

remanentes de este producto, este sería comercializado en los diferentes viveros de la zona.

Se procedió a investigar a través de la base de datos de Corantioquia e- sirena; los diferentes requerimientos con que cuenta el relleno Sanitario Los Guayacanes por parte de la Autoridad Ambiental, obteniendo que al momento se encuentran vigentes seis obligaciones que se deberán suplir por parte las Empresas Públicas de Tarso S.A E.S. P, referentes a la adecuación de drenajes perimetrales para aguas lluvias; disponer de manera permanente en el sitio de disposición final de una bitácora y el manual de operación y mantenimiento para el control de las operaciones del mismo; la adquisición de un compactador o vibro compactador; presentar un informe y fotografías de las actividades de capacitación al personal operativo del vertedero; la disposición de manera permanente de material de cobertura diaria para los residuos sólidos y evitar la generación de vectores y la elaboración de una compostera para aprovechamiento del material orgánico.

Respecto a lo anterior, se formularon tres estrategias enfocadas en obras civiles para la adecuación de una zanja de drenaje para las aguas lluvias en el área perimetral de la zona de trabajo, alternativas de compactación en la fase operativa del relleno sanitario mediante la adquisición de un compactador, compactador tipo canguro y un vibro compactador y además se brindó una estrategia de gestión de material para cobertura de los residuos sólidos mediante convenios con la concesión pacifico 2; en lo referente a los tres requerimientos restantes, dos de ellas se trata de actividades que se pueden realizar de manera inmediata como lo es el traslado de la bitácora y el manual de operaciones y mantenimiento para que se encuentre a disposición de los operarios, remitir informe y fotografías de las capacitaciones al personal mencionado y la cual puede suplirse al efectuarse tales jornadas y en lo que tiene que ver con la construcción de una compostera, en el numeral 7.2.3 se estableció una alternativa para tal fin enfocado en el aprovechamiento del material orgánico generado a nivel municipal y que, por lo

diagnosticado, se encuentra siendo desaprovechado y dispuesto en el sitio de disposición final, lo que puede saturarlo fácilmente e incrementar la generación de lixiviados y gases.

Por las consideraciones observadas en los artículos científicos “un nuevo método para la evaluación ambiental de los vertederos de residuos sólidos urbanos” concluyó que los estudios realizados en los países en desarrollo muestran que, de acuerdo con las limitaciones existentes, el relleno es el método más importante en la gestión y disposición final de los residuos sólidos, en el documento denominado “El desarrollo de la explotación y gestión de los vertederos de Indonesia” estableció que la formalización de las actividades de reciclaje en los vertederos, podría contribuir potencialmente a la sostenibilidad de las operaciones de funcionamiento y gestión de los vertederos, y además en la “evaluación de alternativas para prolongar la vida de los vertederos, llevada a cabo en el vertedero de la Base de la Fuerza Aérea de Andersen (AAFB) por parte del Departamento de ingeniería Civil y Ambiental de la universidad de South Florida” permitió considerar entre otras cosas, que para proporcionar orientación sobre la viabilidad de diversas alternativas o métodos típicos combinados para prolongar la vida útil del mismo como reducción del tamaño de los desechos entrantes, la densidad de compactación in situ probada, el uso de una cobertura diaria alternativa, el desvío de desechos y la aceleración de la degradación para mejorar el asentamiento contaminante en los Desechos Sólidos Municipales (DSM), permitiría que el vertedero de la AAFB podría extender o aumentar su vida útil de 10 a 48 años. (Preen & Murphy, 2001). Con base en esto, puede considerarse, que si bien se desconoce el periodo en el cual puede aumentar la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes tras las estrategias formuladas; de implementarse, se contribuiría de gran manera a la optimización del mismo; pues, estas, se enfocan en una alternativa combinada entre la gestión de los residuos sólidos, los criterios operacionales del sitio de disposición final y la normatividad vigente a nivel nacional; lo cual, establecería un manejo de los residuos teniendo en cuenta el ciclo de vida de los mismos; que, si bien no representa un modelo de

economía circular para brindar una transformación a la totalidad de estos; si permite que en el vertedero sean dispuestos los que requieren dicho tratamiento, brindando alternativas de mejoramiento operacional y de mantenimiento del relleno sanitario Los Guayacanes, para de esta manera, efectuar procesos de disposición en los frentes de trabajo, esparcimiento de los residuos, cobertura, compactación y manejo de subproductos como los lixiviados y gases que contribuyan a optimizar, o por lo menos garantizar el periodo de vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes que para el momento de otorgamiento de la licencia ambiental se estimó en un periodo de 18 años.

8.1 Calculo de la vida útil del relleno sanitario los guayacanes de tarso

Se llama vida útil de un relleno sanitario al tiempo en años que se utilizará un sitio seleccionado para la disposición final de los residuos sólidos de una comunidad. La vida útil del sitio depende del volumen disponible del mismo, de la cantidad de residuos sólidos a disponer y del método de operación. El volumen a disponer de residuos es la cantidad originada por una fuente en un determinado tiempo. Su valor se obtiene multiplicando la población de la comunidad por el índice de generación (kilogramos de residuos generados por habitante y por día), y por la eficiencia de recolección. El índice de generación varía de 0.5 a 1 kg de residuos/habitante-día. La eficiencia de recolección se refiere al porcentaje de la población total que goza de servicios de recolección y, en general, es difícil encontrar poblaciones con valores superiores al 70%. En otras palabras, el volumen del sitio será ocupado por los residuos sólidos por disponer y por el material de cubierta necesario.

Cálculo del área requerida para el relleno sanitario: Determinar el área requerida y la vida útil del relleno sanitario, para una población de 6.231 habitantes, que tiene una tasa de crecimiento de 1.0 % anual, con una producción per cápita de 0.47 kg/(habitante-día) y se desea un sitio para los 10 años próximos, se espera llegar a una compactación de 0.1 (tn/m³) con una altura de 4 metros.

8.1.1 Proyección de población.

Se adoptará un crecimiento geométrico para el cálculo de la proyección de la población con una tasa de 1,0% anual, para estimar las necesidades de los próximos 10 años del relleno sanitario LOS GUAYACANES DE TARSO

Formula

$$Pr = p_1(1+r)^n$$

Tabla 21: Crecimiento poblacional.

P-AÑO	FORMULA	CRECIMIENTO P
P1		6321
P2	$6321+(1+0,01)^1$	6322,01
P3	$6321+(1+0,01)^2$	6323,02
P4	$6321+(1+0,01)^3$	6324,03
P5	$6321+(1+0,01)^4$	6325,04
P6	$6321+(1+0,01)^5$	6326,05
P7	$6321+(1+0,01)^6$	6327,06
P8	$6321+(1+0,01)^7$	6328,07
P9	$6321+(1+0,01)^8$	6329,08
P10	$6321+(1+0,01)^9$	6330,09

8.1.2 Producción per cápita.

Se estima que la producción per cápita aumentará en 0.47 kg/hab/día

Tabla 22: Producción per cápita proyectada.

ppc-Año	Formula	Crecimiento kg/hab/día
Ppc		0,47
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,47
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,48
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,48
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,49
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,49
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,50
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,50
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,51
Ppc	$Ppc_1+1\%$	0,51

8.1.3 Cantidad de desechos sólidos.

La producción diaria se calcula a partir de

Formula

$$DS_d = P_{ob} \times ppc =$$

$$DS_d = 6321 \times 0.47 \text{ kg/hab/día}$$

$$DS_d = 2970,87 \text{ kg/día}$$

La producción anual se calcula multiplicando la producción diaria de desechos sólidos por los 365 días del año.

$$DS_a = 2970,87 \text{ kg/día} \times$$

$$DS_a = \frac{2.970,87 \text{ kg}}{\text{día}} \times \frac{365 \text{ días}}{\text{año}} \times \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}}$$
$$DS_a = 1.084 \text{ ton/año}$$

8.1.4 Volumen de desechos sólidos.

Volumen de residuos anual compactado con una densidad de 480 kg/m³

Formula

Volumen anual compactado

$$V \text{ anual compactado} = DS \text{ anual} / Drsm \times 365$$

$$V \text{ anual compactado} = 2.970 \text{ kg/día} / 480 \text{ kg/m}^3 \times 365 \text{ días año} = 520.344 \text{ m}^3/\text{año}$$

8.1.5 Volumen de residuos anual estabilizado.

Con una densidad estimada de 580 kg/m³ para el cálculo del relleno

$$V \text{ anual estabilizado} = DS \text{ anual} / Drsm \times 365$$

$$V \text{ anual estabilizado} = 2.970 \text{ kg/día} / 580 \text{ kg/m}^3 \times 365 \text{ días año} = 628.749 \text{ m}^3/\text{año}$$

8.1.5 Volumen del relleno sanitario estabilizado.

Está conformado por los residuos sólidos estabilizados y el material de cobertura.

Material de cobertura.

Es la tierra necesaria para cubrir los residuos recién compactados y se calcula como 20% del volumen de basura recién compactado.

$$mc = V \text{ anual de residuos compactados} \times 0,2 = 628.79 \text{ m}^3 / \text{año} \times 0,2 = .125 \text{ m}^3 \text{ de tierra/año}$$

8.1.6 Volumen del relleno sanitario.

$$VRS = V \text{ anual estabilizado} + m. c. = 628.79 \text{ m}^3 / \text{año} + 125 = 753 \text{ m}^3 / \text{año}$$

8.1.7 Cálculo del área requerida.

Cálculo del área por rellenar se asume una profundidad de cuatro metros.

$$Ars = Vrs/hrs = 753 \text{ m}^3 / \text{año} / 4 \text{ m} = 188.25 \text{ m}^2$$
$$Ars = 18.82 (\text{ha})$$

8.1.8 Calculo área total.

Cálculo del área total. Teniendo en cuenta un factor de aumento F para las áreas adicionales se asume 10%. Es decir:

$$At = F * Ars = 1,10 * 188.25 \text{ m}^2$$
$$At = 206. \text{ m}^2 (20 \text{ ha})$$

Contando con el dato anterior, cabe tener en cuenta que según el documento de diseño del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia en el capítulo 2 “consideraciones de diseño” y de manera específica, el numeral 2.6.1 “Área requerida”, establece de acuerdo a los cálculos realizados, que el periodo de diseño del sitio de disposición final correspondía a 10.841,987 m² o 1.1 Ha dada su equivalencia; lo cual, es claro que el relleno sanitario los Guayacanes, no contaría a futuro con la capacidad suficiente para albergar la totalidad de residuos sólidos generados en caso de continuarse realizando las prácticas actuales de manejo y gestión de residuos.

9. IMPACTO ESPERADO

Las estrategias formuladas de operación, aprovechamiento de residuos reciclables y orgánicos, así como las alternativas de mejoramiento ante los requerimientos efectuados por parte de la autoridad ambiental al relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia, contribuirán en primera instancia a mejorar la operación y mantenimiento del sitio de disposición final tras disponer en este únicamente los residuos de carácter ordinario o inservible; además de optimizar la vida útil del vertedero al depositar en este únicamente los residuos que efectivamente requieren dicho tratamiento, impactando positivamente la gestión y manejo de los residuos a nivel municipal; evitando impactos sociales, económicos, ambientales y culturales, que pueden generarse por la mala disposición de los mismos como lo son problemas de salud pública; disposición de presupuesto municipal para la proyección de un nuevo relleno sanitario a mediano plazo y lo que ello implica recursos para una nueva licencia ambiental; posibles procesos sancionatorios por inadecuada gestión de los residuos; se evitaran impactos a los ecosistemas acuáticos, a la composición del suelo, al aire por causa de emisiones atmosféricas de material particulado y se reducirá la generación de lixiviados y gases en el relleno sanitario que pueden afectar las corrientes hídricas, el suelo y el aire; finalmente se promoverá una cultura de reducción, separación, reciclaje, aprovechamiento y buen manejo de los residuos sólidos a nivel local.

A nivel nacional, según el periódico El tiempo; la Contraloría General de la Republica ha insistido en el llamado sobre las problemáticas administrativas, operativas, ambientales y de estabilidad que presentan varios rellenos sanitarios en el país y afrontando una corta vida útil, cuya situación demanda acciones urgentes por parte de las administraciones locales a efecto de no decretar emergencias sanitarias; igualmente, la necesidad de definir soluciones técnicas, sociales, ambientales y económicas a largo plazo. Es por esto, que la propuesta de optimización de la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia, se

enfoca en contribuir a la solución de una problemática que bien como se menciona, se viene presentando en el territorio Colombiano y que, las alternativas propuestas en el mismo, se encuentran direccionadas en la misma línea propuesta por parte de dicha entidad, con el fin de mitigar los impactos que pueden generarse por las inadecuadas actividades de operación y mantenimiento de los rellenos sanitarios; también, en el mismo artículo la contraloría general advierte que el futuro de los rellenos sanitarios es ir disminuyendo progresivamente el enterramiento de residuos y hacer proyectos complementarios como el aprovechamiento de residuos para generar gas, energía, compostaje, entre otros. Situación evidentemente afín con las propuestas de optimización planteada.

9.1 Impactos Ambientales

La optimización de la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia tendrá impacto negativo sobre el ámbito ambiental del municipio ya que en 10 años no se podrá garantizar la sostenibilidad y sustentabilidad del relleno.

9.2 Impactos Sociales

La optimización de la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia tendrá impacto negativo sobre la sociedad ya que al no garantizar los requerimientos de la población la calidad de vida de los usuarios de la empresa empeorará y podrán presentarse enfermedades originadas por el mal manejo de los desechos sólidos

9.3 Impactos económicos

La optimización de la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia tiene una alta repercusión en la economía del municipio ya que generará mayores inversiones y gastos en el relleno para poder satisfacer los requerimientos de la población.

10. CONCLUSIONES

- El diagnóstico realizado en este trabajo aporta información valiosa para el conocimiento y la toma de decisiones sobre el manejo que debe darse al relleno sanitario Los Guayacanes para optimizar su vida útil.
- Además, la optimización de la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso Antioquia se puede afectar negativamente por la no implementación de las estrategias aquí mencionadas.
- Se determinó según las proyecciones de crecimiento poblacional y aumento de desechos en el municipio que dentro de 10 años el relleno los Guayacanes no será suficiente para satisfacer el requerimiento de la población; por esta razón se deben adoptar todas las medidas aquí descritas para optimizar el recurso.
- Finalmente, es posible concluir que las estrategias más importantes y que pueden convertirse en herramientas eficientes para la optimización de la vida útil son el acompañamiento y capacitación en el manejo y aprovechamiento de residuos orgánicos e inorgánicos y la implementación de jornadas de conciencia ambiental a todos los habitantes del municipio.

11. RECOMENDACIONES FUTURAS

- Se recomienda implementar las estrategias planteadas en el presente proyecto con el fin de garantizar la sostenibilidad de la propuesta de optimización de la vida útil del relleno sanitario Los Guayacanes del municipio de Tarso.
- Se sugiere implementar las estrategias relacionadas con la operación y aprovechamiento de residuos reciclables y orgánicos ya que contribuirán en primera instancia a mejorar la operación y mantenimiento del sitio de disposición final tras disponer en este, únicamente los residuos de carácter ordinario o inservible; además de optimizar la vida útil del vertedero al depositar solo los residuos necesarios.
- Con base en el diagnóstico realizado se recomienda continuar actualizando los indicadores encontrados y seguir monitoreando el relleno sanitario Los Guayacanes, mediante trabajos de investigación y seguimiento que puedan optimizar la vida útil del mismo.
- Realizar un acompañamiento y capacitación al grupo encargado de las actividades de aprovechamiento de residuos, brindándoles espacios de capacitación, con el fin de mejorar el beneficio de residuos orgánicos e inorgánicos.
- Se recomienda realizar jornadas de capacitación a todos los habitantes del municipio creando conciencia del manejo de residuos domiciliarios y de cómo podemos contribuir al medio ambiente haciendo un uso racional de los recursos desde nuestros hogares.
- Se recomienda a las administraciones municipales venideras incluir dentro de sus planes de gobierno como eje primordial el cuidado y monitoreo del relleno sanitario para garantizar que perdure en el tiempo e implementar una actualización eficiente del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) del municipio de Tarso Antioquia.

- Instar a las entidades ambientales que velan por el cumplimiento de la norma para que realicen seguimiento a los administradores del relleno sanitario Los Guayacanes y garanticen la sustentabilidad de este.
- Finalmente se recomienda realizar estudios más profundos a partir de este diagnóstico ya que es una herramienta muy útil para la toma de decisiones.

REFERENCIAS

- Aguirre Núñez, C., Arancibia, H., Grandón, C., Rivas Marchant, M., & Andrade Garrido, M. (2006). Propuesta de optimización técnica de rellenos sanitarios un acercamiento metodológico. *Revista de La Construcción*, 5(1), 62–70.
- Alcaldía de Jericó. (2008). Plan De Abandono Primera Etapa Relleno Sanitario Mariposas Amarillas. disponible. En: http://www.jerico-antioquia.gov.co/apc-aa-files/31623434313964353030636265643061/Plan_de_abandono_Relleno_Sanitario.pdf
- Al-Ghazawi, Z. D., & Abdulla, F. (2008). Mitigation of methane emissions from sanitary landfills and sewage treatment plants in Jordan. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 10(4), 341–350. <https://doi.org/10.1007/s10098-008-0145-8>
- anexos-proyecciones-poblacion-desagregacion-2018-2020*. (n.d.).
- Becerra Pinto, N., Gómez Ortiz, A. R., & Guerrero Salazar, S. L. (2004). Plan De Manejo Ambiental Del Relleno Sanitario Del Municipio De Zapatoca. *Universidad Industrial de Santander - UIS*, 1, 138. Retrieved from <http://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9781107415324A009>
- Disposición Final de Residuos Sólidos en Colombia.(2015) Superintendencia de Servicios Públicos. Disponible en <http://www.superservicios.gov.co/content/download/10760/88380>
- Falahi, M., & Avami, A. (2020). Optimization of the municipal solid waste management system using a hybrid life cycle assessment–emergy approach in Tehran. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 22(1), 133–149. <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00919-0>
- Ghanbari, F., Amin Sharee, F., Monavari, M., & Zaredar, N. (2012). A new method for environmental site assessment of urban solid waste landfills. *EGhanbari, F., Amin Sharee, F., Monavari, M., & Zaredar, N. (2012). A New Method for Environmental Site Assessment of Urban Solid Waste Landfills. Environmental Monitoring and Assessment*, 184(3), 1221–1230. <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2034-6>
- Hernández-Gómez, A., Calderón, A., Medina, C., Sanchez-Torres, V., & Oviedo-Ocaña, E. R. (2020). Implementation of strategies to optimize the co-composting of green waste and food waste in developing countries. A case study: Colombia. *Environmental Science and Pollution Research*, (i). <https://doi.org/10.1007/s11356-020-08103-w>

Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales. (2007). Instructivo Para La Toma De Muestras De Aguas Residuales. *Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial*, 17. Retrieved from http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38158/Toma_Muestras_AguasResiduales.pdf/f5baddf0-7d86-4598-bebd-

Kamaruddin, M. A., Yusoff, M. S., Rui, L. M., Isa, A. M., Zawawi, M. H., & Alrozi, R. (2017). An overview of municipal solid waste management and landfill leachate treatment: Malaysia and Asian perspectives. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(35), 26988–27020. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0303-9>

MINAM. (2018). *ANEXO 4 Contaminación Ambiental Causada por los Residuos Sólidos Conocimientos Científicos Básicos*. 1–6. Retrieved from http://www.minam.gob.pe/proyecolegios/Curso/curso-virtual/Modulos/modulo2/2Primaria/m2_primaria_sesion_aprendizaje/Sesion_5_Primaria_Grado_6_RESIDUOS_SOLIDOS_ANEXO4.pdf

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). Decreto 0838 de 2005. 45862, (0838), 17. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Decretos/dec_0838_230305.pdf

Ministerio de Vivienda, C. y T. (2017). RAS 2000, Título F - Sistemas de aseo urbano. In *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico*.

Munawar, E., Yunardi, Y., Lederer, J., & Fellner, J. (2018). The development of landfill operation and management in Indonesia. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 20(2), 1128–1142. <https://doi.org/10.1007/s10163-017-0676-3>

Paul M. Muchinsky. (2012). 濟無No Title No Title. *Psychology Applied to Work: An Introduction to Industrial and Organizational Psychology, Tenth Edition Paul*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

periódico el tiempo (2004) via internet disponible en <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/MAM-1503386>

PGIRS TARSO 2016.

Preen, P. J., & Murphy, R. J. (2001). Evaluation of alternatives for extending the life of landfills. *Environmental Engineering and Policy*, 2(4), 213–223. <https://doi.org/10.1007/s100220100038>

Rendón, A. F. M. (2010). Caracterización de Residuos Sólidos. *Cuaderno Activa*, (4),

67–72.

Retrieved

from

<http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/34>

Revista zetta Presentada por Ronald José Fortich Rodelo Concejal – Cartagena disponible en <http://www.revistazetta.com/?p=10533#sthash.rb2Bco4o.dpuf>

Tarigan, P. B. (2013). 濟無No Title No Title. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Tarso, M. D. E. (2009). *Diseño relleno sanitario municipio de tarso un proyecto de.*

Ziraba, A. K., Haregu, T. N., & Mberu, B. (2016). A review and framework for understanding the potential impact of poor solid waste management on health in developing countries. *Archives of Public Health*, 74(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s13690-016-0166-4>

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de análisis de información operacional.

FICHA DE ANALISIS DE INFORMACIÓN OPERACIONAL				
Proceso:				
Actividad:				
Descripción de la actividad según documentación:				
Descripción de la actividad desarrollada:				
Verificación de la información.				
Formatos	Bitácoras	Otros		
Valoración del impacto (según Connesa Fernández)				
Medio:				
Elemento:				
intensidad (IN)	Extensión (EX)	Persistencia (PE)	Reversibilidad (RV)	Recuperabilidad (RP)
Importancia del impacto	IMPORTANCIA (I)= (3IN+2EX+PE +RV+RP)		Carácter negativo	
			Irrelevante	8
			Leve	Entre 9-20
			Moderado	Entre 21- 40
			Severo	Entre 41- 60
Crítico	Entre 61- 80			
Verificación Programa de Manejo Ambiental:				
Verificación de seguimiento y monitoreo:				
Formulación de estrategia.				

Anexo 2: Ficha de verificación de información licencia ambiental

FICHA DE VERIFICACIÓN DE INFORMACIÓN LICENCIA AMBIENTAL.			
Expediente de licencia ambiental:			
Resolución que otorga la licencia ambiental:			
Tiempo por el cual se otorga la licencia ambiental:			
Tiempo restante de otorgamiento de licencia ambiental:			
Descripción del requerimiento	Acto Administrativo o Resolución por la cual se impone	Cumplimiento de obligación con radicado	
		SI	NO
Requerimientos sin cumplimiento		Propuesta de solución a requerimiento.	

