Guía metodológica para la disminución de gases efecto invernadero en los rellenos sanitarios de Colombia

Estudiante:

Laura Liliana Rodríguez Patiño

Código:20192081069

Universidad Distrital francisco José de Caldas
Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales
Tecnología en Gestión ambiental y Servicios Públicos
Dr. Fernando Sánchez Sánchez
Bogotá D.C,
2023

Tabla de Contenido

1. Resumen Ejecutivo 3
2. Objetivos 3
2.1 Objetivo General 3
2.2 Objetivos Específicos 3
3. Marco Referencial 4
3.1 Marco Conceptual 4
3.2 Marco Geográfico 6
3.3 Marco Legislativo 9
4. Consideraciones Técnicas 11
5. Resultados 13
5.1 Fases o procesos del Relleno Sanitario de Doña Juana: 15
6. Análisis De Resultados 21
6.1 Posibles Alternativas En Los Tratamientos De Los Rellenos Sanitarios: 23

Tabla de Ilustraciones

Ilustración 1 6
Ilustración 2 7
Ilustración 3 7
Ilustración 4 8
Ilustración 5 8
Ilustración 6 13
Ilustración 7 13
Ilustración 8 15
Ilustración 9 16
Ilustración 10 16
Ilustración 11 17
Ilustración 12 17
Ilustración 13 18
Ilustración 14 18
Ilustración 15 19
Ilustración 16 19
Ilustración 17 20
Ilustración 18 23
Ilustración 19 24
Ilustración 20 25
Ilustración 21 26

1. Resumen Ejecutivo

El presente documento expone una metodología para la disminución de gases efecto invernadero para los rellenos sanitarios a través de los tipos de disposición final clasificados en sistemas autorizados y sistemas no autorizados de acuerdo con el marco legislativo para los residuos en Colombia, asimismo las consideraciones técnicas y/o operativas para el desarrollo de la disposición final de los residuos. La distribución de los rellenos sanitarios de acuerdo con los procesos o fases de su desarrollo se han identificado de acuerdo con las características del sitio o espacio dispuesto para los residuos, igualmente considerando la normatividad vigente.

La generación de Gases de Efecto Invernadero producido en el relleno sanitario será identificada de acuerdo a sus procesos desarrollados por descomposición o generación de biogás. En el sector de residuos se tendrá en cuenta para Colombia las emisiones de disposición en rellenos, el tratamiento de aguas residuales y la incineración de desechos. Relacionado a tratamientos biológicos, térmicos y acciones de mitigación y adaptación, considerado uno de los más grandes retos que enfrentan las ciudades capitales de Colombia que conlleva a diversas problemáticas para el cambio climático.

Por último, un análisis a través de las dificultades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA) para conocer la perspectiva general de los rellenos sanitarios en Colombia, identificando las posibles mejoras o alternativas técnicos y/o operativos en los procesos o etapas del desarrollo interno y externo.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Proponer una guía metodológica para la disminución de gases efecto invernadero en los rellenos sanitarios de Colombia

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los procesos o etapas del relleno sanitario en Colombia
- Reconocer las emisiones de Gases de Efecto Invernadero producidas en los rellenos sanitarios
- Realizar un análisis a través de las dificultades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA) de los rellenos sanitarios

3. Marco Referencial

3.1 Marco Conceptual

- Área de aislamiento: área perimetral de un relleno sanitario, ubicada en su entorno. Es decir, corresponde al área de transición entre el área en donde se realizará la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario, y su entorno[1].

- Biogás: Mezcla de gases, producto del proceso de descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable de las basuras, cuyo componente principal es el metano[2].

- Botadero a cielo abierto: Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua[3].

- Caracterización de residuos: Determinación de las características cualitativas y cuantitativas de los residuos sólidos

- Celda de seguridad: Infraestructura que podrá ser ubicada en las áreas donde se realizará la disposición final de residuos sólidos, mediante la tecnología de relleno sanitario. Se confinarán y aislarán del ambiente los residuos peligrosos

- Celda: Infraestructura ubicada en el relleno sanitario, donde se esparcen y compactan los residuos durante el día para cubrirlos totalmente al final del mismo.

- Chimenea: Estructura de ventilación que permite la salida de los gases producidos por la degradación de los residuos sólidos.

- Cobertura diaria: Capa de material natural y/o sintético con que se cubren los residuos depositados en el relleno sanitario durante un día de operación.

- Cobertura final: Revestimiento de material natural y/o sintético que confina el total de las capas de qué consta un relleno sanitario. Facilita el drenaje superficial, interceptar las aguas filtrantes y soportar la vegetación superficial.

- Compactación: Proceso mediante el cual en la celda se incrementa el peso específico de los residuos sólidos, con el cual se garantiza homogeneidad en la densidad del material y estabilidad de la celda.

---

[1](*Decreto 838 de 2005 - Gestor Normativo - Función Pública*, n.d.)
[2]*(García et al., n.d.)*
[3] *(Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales,2002, p.41).*

- Digestión anaerobia: proceso biológico que tiene lugar en ausencia de oxígeno, en el que parte de la materia orgánica de los residuos orgánicos se transforma, mediante la acción de los microorganismos, en una mezcla de gases (biogás), constituido principalmente por metano y dióxido de carbono y otros gases en pequeñas cantidades (amoniaco, hidrógeno, sulfuro de hidrógeno, etc.)[4].

- Disposición final de residuos sólidos: Es el proceso de aislar y confinar los residuos sólidos en especial los no aprovechables, en forma definitiva, en lugares especialmente seleccionados y diseñados para evitar la contaminación, y los daños o riesgos a la salud humana y al ambiente.

- Frente de trabajo: Sitio en el relleno sanitario donde se realizan los procesos de descargue, acomodación, compactación y cobertura de los residuos sólidos entregados para disposición final.

- Gas generado en el relleno: Es el gas producido durante el proceso de fermentación anaerobia y/o aerobia, o por efectos de reacciones químicas de los residuos sólidos dispuestos

- Gases efecto invernadero: Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son aquellos gases acomodados en el ambiente terrestre que absorben la radiación infrarroja del sol y que, con ello, retienen y aumentan la temperatura en la atmósfera[5].

- Lixiviado: Líquido residual generado por la descomposición biológica de la parte orgánica o biodegradable de los residuos sólidos bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas y/o como resultado de la percolación de agua a través de los residuos en proceso de degradación.

- Material de cobertura: Material de origen natural o sintético, utilizado para cubrir los residuos sólidos depositados en un relleno sanitario.

- Membrana: Barrera constituida por material sintético, arcillas u otros materiales de baja permeabilidad, destinadas a impermeabilizar el fondo de un relleno sanitario.

- Relleno sanitario: Es el lugar técnicamente seleccionado, diseñado y operado para la disposición final controlada de los residuos sólidos, sin causar peligro, daño o riesgo a la salud pública, minimizando y controlando los impactos ambientales y utilizando principios de ingeniería, para la confinación y aislamiento de los residuos sólidos en un área mínima, con compactación de residuos, cobertura diaria de los mismos, control de gases y lixiviados, y cobertura final[6].

[4](*Digestión Anaerobia de Residuos | Medio Ambiente | Junta de Castilla y León*, n.d.).
[5](*Glosario Ambiental | WWF*, n.d.)
[6]*(Relleno Sanitario | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-, n.d.)*

- Residuos aprovechables: es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso para quien lo genere, pero que es susceptible de aprovechamiento para su reincorporación a un proceso productivo[7].

- Vías de acceso: Vialidad que permite ingresar a un sitio de disposición final.

- Vía interior: Vialidad que permite el tránsito interno en un sitio de disposición final.

3.2 Marco Geográfico

En Colombia encontramos diferentes tipos de sistemas de disposición final de residuos, se han clasificado en sistemas autorizados y sistemas no autorizados. Los sistemas autorizados contienen un permiso de carácter ambiental correspondiente a una licencia ambiental (Decreto 1076 de 2015), un Plan de Manejo Ambiental o acto administrativo que permita la operación del sitio[8].

- Sistemas autorizados: relleno sanitario y celda de contingencia
- Sistemas no autorizados: celdas transitoria y botadero a cielo abierto

3.2.1 Sistemas Autorizados.

- Relleno sanitario

Ilustración 1



[7] *Rivas, C. (2018). Piensa un minuto antes de actuar: Gestión Integral de Residuos Sólidos. https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx*

[8] *(Sanitario El Carrasco Fotografía et al., 2021)*

Nota. Adaptado de Relleno Sanitario Doña Juana [Fotografía] por David R., 2020, UAESP(*La UAESP, En Determinados Casos, Podrá Prestar El Servicio Del Relleno Sanitario Doña Juana | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-*, n.d.).

- Celda de contingencia

Ilustración 2



Nota. Adaptado de Celda de contingencia del botadero de basuras de Córdoba [Fotografía] Sin autor, 2017, Soy de Buenaventura[9].

3.2.2 Sistemas No Autorizados

- Botadero a cielo abierto

Ilustración 3

[9] *(La UAESP, En Determinados Casos, Podrá Prestar El Servicio Del Relleno Sanitario Doña Juana | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-, n.d.)*



Nota. Adaptado de Mitú no cuenta con un relleno sanitario, por lo que las basuras se disponen en un botadero a cielo abierto [Fotografía] por José Vargas, 2022, El Espectador[10].

- Celda transitoria

Ilustración 4

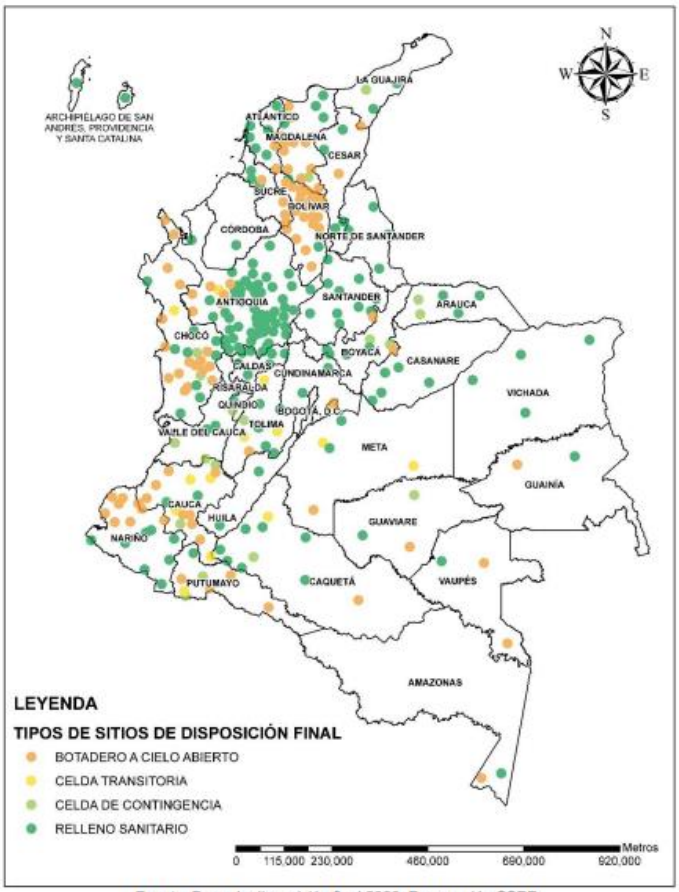


Nota. Adaptado de En Ortega la vida útil de celda transitoria de basuras se acorta [Fotografía] Sin autor, 2021, El Nuevo Día(En Ortega La Vida Útil de Celda Transitoria de Basuras Se Acorta | El Nuevo Día, n.d.).

De acuerdo con la Ilustración 5 los tipos de sitios de disposición final, de acuerdo con el Informe Nacional de Disposición Final encontramos cuatro clasificaciones como: Botadero a cielo abierto, Celda transitoria, Celda de contingencia y Relleno sanitarios

Ilustración 5

[10] (*Alerta En Mitú Por Críticas Condiciones de Prestación de Los Servicios Públicos | EL ESPECTADOR*, n.d.)



Fuente: Base de disposición final 2020. Preparación SSPD.

Nota. Adaptado de Tipos de sitios de disposición final [Fotografía] SSPD, 2020, Informe Nacional de Disposición Final de Residuos.

De acuerdo con lo anterior el 66,55% de los sitios de disposición final corresponden a sitios autorizados: rellenos sanitarios y celdas de contingencia, contando con 174 puntos de rellenos sanitarios en Colombia(Sanitario El Carrasco Fotografía et al., 2021).

3.3 Marco Legislativo

El marco normativo del manejo de los residuos en Colombia se evidencia en diferentes niveles como: Nivel Nacional, Nivel Regional y Nivel Local.

Nivel Nacional: es característico de políticas, regulación y control, asistencia técnica y financiera. Se encuentra el Gobierno Nacional, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Comisión Reguladora de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) y Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios.

Nivel Regional: es característico por licencias y permisos principalmente las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR).

Nivel Local: se encuentran adoptados los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos (PGIRS) de los municipios.

Norma	***Descripción***
Ley 99 de 1993	"Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones"[11].
Ley 142 de 1994	"Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones."[12].
Ley 1990 de 2019	"Por medio de la cual se crea la política para prevenir la pérdida y el desperdicio de alimentos y se dictan otras disposiciones"[13].
Ley 2169 de 2022	"Por medio de la cual se impulsa el desarrollo bajo en carbono del país mediante el establecimiento de metas y medidas mínimas en materia de carbono neutralidad y resiliencia climática y se dictan otras disposiciones"[14].
Decreto 1713 de 2002	"Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo, y el Decreto Ley 2811 de 1974 y la Ley 99 de 1993 en relación con la Gestión Integral de Residuos Sólidos"[15].
Decreto 838 de 2005	"Por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones"[16].
Decreto 1077 de 2015	"Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio"[17].
Decreto 1784 de 2017	"Por el cual se modifica y adiciona el

[11] (*Ley 99 de 1993 - Gestor Normativo - Función Pública*, n.d.)
[12] (*Ley 142 de 1994 - Gestor Normativo - Función Pública, n.d.*)
[13] *(D I A R I O O F I C I A L, n.d.-a)*
[14] *(D I A R I O O F I C I A L, n.d.-b)*
[15] *(Decreto 1713 de 2002 - Gestor Normativo - Función Pública, n.d.)*
[16] (*Decreto 838 de 2005 - Gestor Normativo - Función Pública, n.d.)*
[17] (*Decreto 1077 de 2015 Sector Vivienda, Ciudad y Territorio - Gestor Normativo - Función Pública*, n.d.)

	Decreto 1077 de 2015 en lo relativo con las actividades complementarias de tratamiento. Y disposición final de residuos, sólidos en el servicio público de aseo"[18].
Resolución 154 de 2014	"Por la cual se adoptan los lineamientos para la formulación de los Planes de Emergencia y Contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociados a la prestación de los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado y aseo y se dictan otras disposiciones"[19].
Resolución 058 de 2002	"Por la cual se establecen normas y límites máximos permisibles de emisión para incineradores y hornos crematorios de residuos sólidos y líquidos"[20].
Resolución 1407 de 2018 (modificada por la Res. 1342 de 2020)	"Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones"[21].
Resolución CRA 853 de 2018	Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico[22].
Conpes 3874	"Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos"[23].

4. Consideraciones Técnicas

[18] *(Decreto 1784 - 2017 | Minvivienda, n.d.)*
[19] *(Resolución 0154 - 2014 | Minvivienda, n.d.)*
[20] *(Derecho Del Bienestar Familiar [RESOLUCION_MINAMBIENTE_RMA05802], n.d.)*
[21] *(Resolución 1407 de 2018 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, n.d.)*
[22] *(Gestor Normativo de La CRA - Resolución 853 de 2018 CRA, n.d.)*
[23] *(Manuel Santos Calderón et al., n.d.)*

En Decreto 838 de 2005 podemos encontrar el Titulo II Consideraciones ambientales y técnicas clasificado en:

Artículo 7°. *De Planeación.* El proceso de planificación del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, se realizará con base en los siguientes instrumentos:

- Los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos, PGIRS.

- Los Planes de Ordenamiento Territorial.

- Licencia Ambiental.

- Reglamento Técnico del Sector, RAS.

- Reglamento operativo.

Artículo 8º Reglamento operativo*.* El prestador del servicio público de aseo en la actividad complementaria de disposición final de residuos sólidos, deberá formular y desarrollar antes del inicio de la operación un reglamento operativo, el cual incluirá

- ➢ Cronograma de actividades de acuerdo con las especificaciones técnicas
- ➢ Condiciones de acceso.
- ➢ Frentes de trabajo.
- ➢ Restricción e identificación de residuos.
- ➢ Compactación de los residuos.
- ➢ Material de cubierta diaria.
- ➢ Control del agua de infiltración y de escorrentía.
- ➢ Recolección y tratamiento de lixiviados.
- ➢ Recolección, concentración y venteo de gases.
- ➢ Actividades y acciones de manejo y control para la estabilidad de taludes.
- ➢ Equipos e instalaciones de Instrumentación.
- ➢ Procedimientos constructivos.
- ➢ Calidad y cantidad de materiales a utilizar.
- ➢ Equipo y maquinaria requerida.
- ➢ Personal requerido y calidades profesionales.
- ➢ Procesos operativos desde la entrada de los residuos hasta su disposición final.
- ➢ Planos y esquemas de los procesos e instalaciones en el relleno.
- ➢ Programa de seguridad industrial a aplicar en la construcción y operación del relleno sanitario.
- ➢ Criterios operacionales

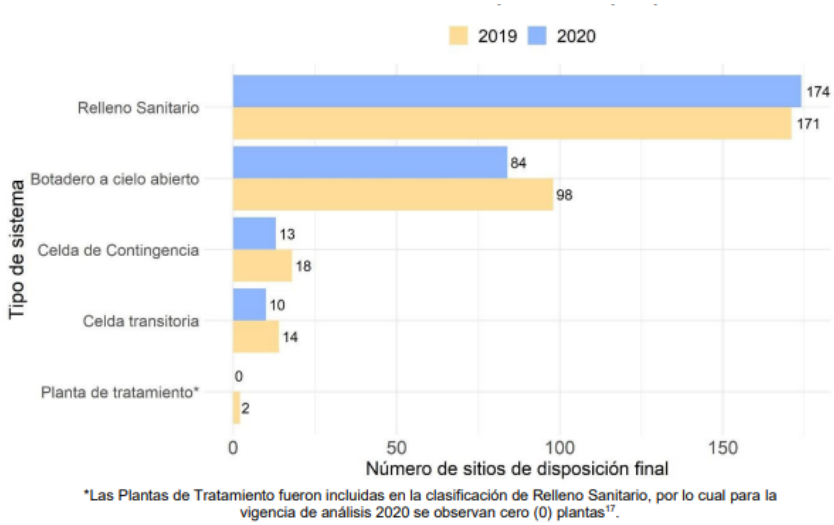
(Considerando igualmente la Resolución 0938 de diciembre de 2019 en el Articulo 5).

5. Resultados

La disposición final de los residuos en Colombia es considerada un proceso de aislar y confinar aquellos residuos sólidos (principalmente residuos no aprovechables) en forma definitiva, en lugares seleccionados y diseñados para evitar la contaminación ambiental y riesgos a la salud humana.

El estado actual de sitios de disposición final se encuentra en relleno sanitario controlado o botadero a cielo abierto. De acuerdo con el Informe Nacional de Disposición Final de Residuos Sólidos para el año 2020, los Sistemas Autorizados anualmente tuvieron 11.428.123,58 toneladas de residuos equivalente a un 98,51%, en comparación de Sistemas no autorizados con 172.725,63 toneladas de residuos equivalentes a un 1,49%(Sanitario El Carrasco Fotografía et al., 2021). Asimismo, la distribución de sistemas de disposición final por tipo para el 2020 se encuentra así: 174 rellenos sanitarios, 84 botaderos a cielo abierto, 13 celdas de contingencia, 10 celdas transitorias y 0 plantas de tratamiento en comparación con la vigencia del año 2019:

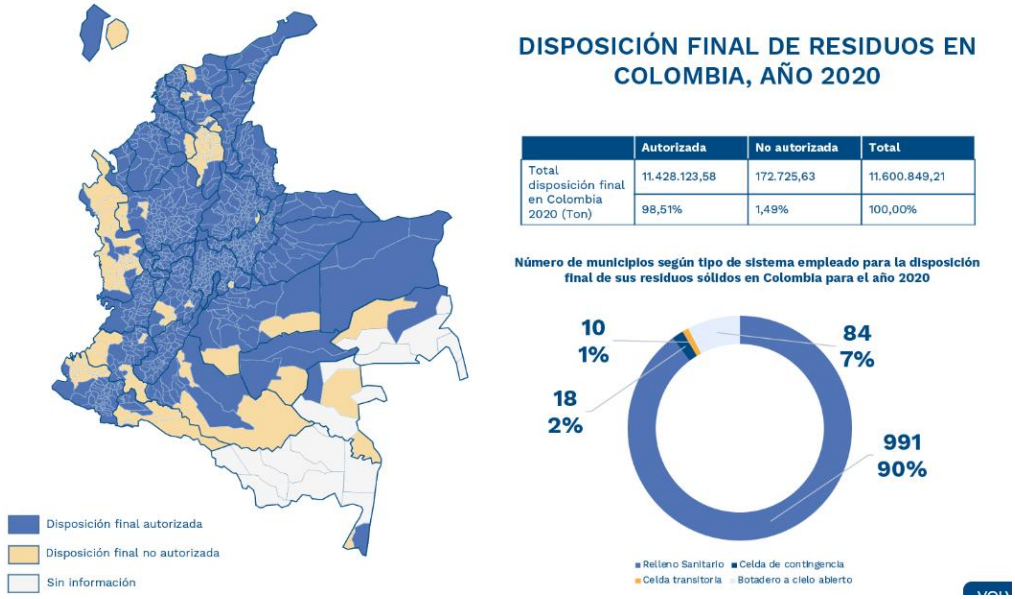
Ilustración 6



Nota. Adaptado de Distribución de sistemas de disposición final por tipo [Fotografía] SSPD, 2029 y 2020, Informe Nacional de Disposición Final de Residuos.

De igual forma, de acuerdo con el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio la disposición final de residuos de acuerdo con la clasificación dicha anteriormente encontramos los porcentajes equivalente para cada municipio y un mapeo de los sistemas de disposición en el país para el 2020 de acuerdo con el sitio de disposición:

Ilustración 7



Nota. Adaptado de Disposición final de residuos 2020 [Fotografía] SSPD,2020, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio[24],

Igualmente, la disposición final trae consigo la acumulación de residuos generando emisiones de Gases de Efecto Invernadero- GEI dentro de los rellenos sanitarios. De acuerdo con el Inventario Nacional y Departamental de Gases Efecto Invernadero-Colombia aproximadamente las emisiones totales son del 258,8 Mton CO2 eq, para el sector de residuos corresponde al 4,2 de CH4 de disposición de residuos sólidos en rellenos regionales y 1,4 de CH4 de disposición de residuos sólidos en rellenos locales.

De la misma forma, las directrices IPP-2006 identifican las principales emisiones directas: CO2, CH4, N2O, HFC, SF6 y PFC generado por actividades humanas que emiten estos GEI, en diferentes sectores económicos. La metodología agrupa las emisiones y absorciones en cuatro grupos: Energía, Procesos industriales, Agricultura y *Residuos*(Sanitario El Carrasco Fotografía et al., 2021). En el sector de Residuos representa el 4% de las emisiones totales nacionales, las fuentes de emisión son la disposición de rellenos (CH4), el tratamiento de aguas residuales (CH4-N2O) y la incineración de desechos (CO2-CH4).

Los rellenos sanitarios son considerados técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo, siendo un componente importante del Manejo Integral de Residuos Sólidos, dado que habrá materiales residuales rechazados por el sistema de aprovechamiento. De esta manera, es un área ubicada en la superficie, preparada previamente para evitar la degradación del suelo, la contaminación del recurso hídrico o la atmósfera. Los principales procesos o fases de los rellenos sanitarios se han identificado de acuerdo con lo establecido por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en su reglamento operativo.

La implementación de rellenos sanitarios cuyo objetivo es la recolecta de residuos sólidos de manera técnica seleccionando, diseñando y operando la disposición final considerando

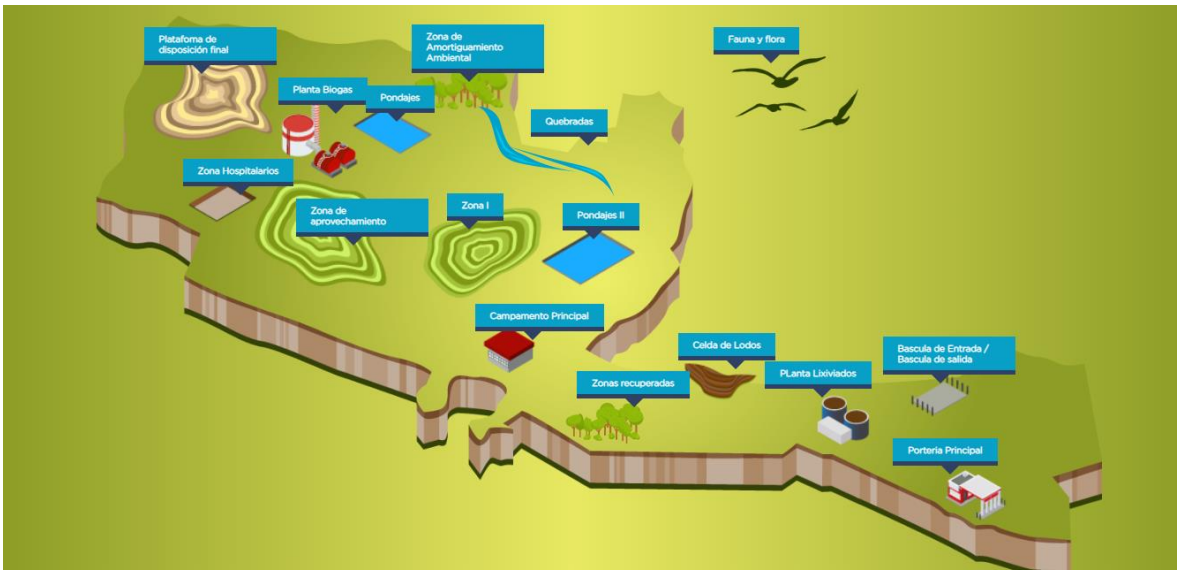
[24] *(Tratamiento y Disposición Final | Minvivienda, n.d.)*

disminuir los impactos ambientales, pero la acumulación de residuos genera emisiones de Gases de Efecto Invernadero- GEI en los diferentes procesos y etapas de la disposición final de los rellenos sanitarios.

Entonces, se evidencia el Relleno Sanitario de Doña Juana de Bogotá D.C como uno de los rellenos sanitarios más avanzados en la implementación de sus fases o procesos de acuerdo con la Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos (UAESP)[25]:

5.1 Fases o procesos del Relleno Sanitario de Doña Juana:

Ilustración 8



Nota. Adaptado de Especiales UAESP: Relleno Doña Juana [Fotografía] UAESP, 2019, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

- Báscula de entrada/ Báscula de salida: En esta zona se pesa cada transporte o vehículo cargado con residuos que ingresa y sale del relleno, de esta manera se puede tener un conteo o reporte tanto de la cantidad de viajes como de material en toneladas que al Relleno Sanitario.

[25] (*Especiales UAESP: Relleno Doña Juana*, n.d.)

Ilustración 9



Nota. Adaptado de Zona de operación de Doña Juana recibe residuos de Bogotá y siete municipios de Cundinamarca [Fotografía] OAC, 2021, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

- Oficina Principal: Se encuentra las principales oficinas del operador del relleno sanitario, Compañía de Gerenciamiento de Residuos (CGR), La Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos, la Interventoría y la Autoridad Ambiental ANLA.

Ilustración 10



Nota. Adaptado de Disposición final [Fotografía] OAC, 2021, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

- Pondajes: El almacenamiento de lixiviados se realiza en estanques impermeabilizados llamados Pondajes, cumpliendo la función de retener los líquidos temporalmente permitiendo la sedimentación natural y la regulación de caudal en el sistema de conducción hacia la planta de tratamiento. Igualmente, en el momento que comienza la descomposición del material de manera lenta, se van creando lixiviados que son filtrados, estos líquidos crean el gas metano que sale por las chimeneas[26].

[26](*¿Cómo Funciona Un Relleno Sanitario?* | *Innova Ambiental*, n.d.)

Ilustración 11



Nota. Adaptado de Sistema de Tratamiento de Lixiviados-Proyecto Sanitario Doña Juana [Fotografía] OAC, 2021, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

Por otra parte, el drenaje de evacuación de estos gases una vez dimensionado el lugar en este caso los pondajes, se debe definir número, diámetro, y distancia entre chimeneas que permita la recolección y evacuación de los gases. La captura o quema tecnificada deberá realizarse en todas las categorías del relleno establecido[27]. La generación de Gases de Efecto Invernadero desarrolla un proceso de fermentación anaeróbica y/o aeróbica, o por efectos de reacciones químicas de los residuos sólidos dispuestos.

- Planta de lixiviados: La PTL trata la totalidad de los lixiviados que se generan en las zonas de disposición final de residuos mediante procesos biológicos y fisicoquímicos antes de realizar el vertido, además estos líquidos crean el gas metano que sale de las chimeneas[28].

Las emisiones de los contaminantes de los procesos del relleno sanitario, debe contar con una chimenea en la planta con una altura mínima de acuerdo con lo establecido en la normatividad. Además, se debe realizar un análisis de riesgo para determinar los niveles máximos permisibles de emisión de contaminantes según la Resolución 058 de 2002, Resolución 886 de 2004 y Resolución 909 de 2008.

Ilustración 12



Nota. Adaptado de Subdirección Disposición Final [Fotografía] OAC, 2021, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

[27] (*D I A R I O O F I C I A L*, n.d.-b)
[28] (*Especiales UAESP: Relleno Doña Juana*, n.d.)

El drenaje de gases en el relleno sanitario a través del sistema de control de emisiones es uno de los conjuntos para el desarrollo de acciones destinadas a contar con resultados medibles y verificables de reducción o mejoramiento de las emisiones atmosféricas generadas en un proceso productivo del relleno sanitario.

- ➢ Celda de Lodos: Se depositan los lodos producto del tratamiento de los lixiviados

Ilustración 13



Nota. Adaptado de Secador de lodos [Fotografía] UAESP, 2022, Informe mensual de Supervisión y control-UAESP.

- ➢ Zona de aprovechamiento: Acopio de material de puntos críticos, se aprovechan y se extrae el material para adecuaciones internas del relleno sanitario, actividad que busca generar un modelo de economía circular

Ilustración 14



Nota. Adaptado de Punto limpio: estrategia de aprovechamiento de residuos arrojados clandestinamente en Bogotá [Fotografía] UAESP, 2022, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

- ➢ Zona de amortiguamiento ambiental: Zona de aislamiento donde se busca distanciar la disposición final de los residuos de las comunidades aledañas del relleno y mitigar el impacto ambiental. Actualmente se llevan a cabo actividades de restauración paisajística.

Ilustración 15



Nota. Adaptado de Zona de amortiguamiento [Fotografía] UAESP, 2021, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

- Planta Biogás: El biogás producido en los rellenos sanitarios conlleva una mezcla de gases, a causa de la descomposición anaeróbica de la materia orgánica o biodegradable, principalmente por el gas metano. La Planta de Biogás es una alternativa para reducir las emisiones de dióxido de carbono que se generan en el relleno sanitario para la generación de energía eléctrica a partir de los residuos sólidos. Reconocido con el Premio a la Eficiencia Energética, pues se ajusta a los Objetivos de Desarrollo Sostenible- ODS, el cual no tiene ningún costo por ser una alianza público- privada que fomenta la valorización de residuos.

  En el relleno sanitario se captura el biogás para evitar que genere efectos nocivos en el medio ambiente o la quema del metano (componente altamente contaminante), de acuerdo con este proyecto recibe el Certificado de Reducción de Emisiones “Bonos de Carbono”.

Ilustración 16



Nota. Adaptado de Biogás [Fotografía] UAESP, 2021, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

- Zona Hospitalarios: Acopio de material de puntos críticos, se aprovechan para los recicladores y se extrae el material para adecuaciones internas del relleno sanitario.



Nota. Adaptado de Zona de operación de Doña Juana recibe residuos de Bogotá y siete municipios de Cundinamarca [Fotografía] OAC, 2021, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

- Planta de disposición final: En la plataforma de disposición final llegan los residuos producto de la recolección que se disgregan, compactan y se cubren las basuras.

De acuerdo con los procesos anteriores del Relleno Sanitario de Doña Juana se puede reconocer las principales fases o procesos relacionados con las emisiones de Gases de Efecto como: *Planta de lixiviados, celda de lodos, Pondajes, Pondajes II y Planta Biogás*

De la misma importancia, se tiene a consideración los residuos biodegradables que deben someterse a estabilización a través de procesos biológicos, físico químicos o térmicos que pueden llevarse a valorización agronómica o energética. La composición y biodegradabilidad de los residuos sólidos, se destaca en la descomposición lenta o rápida:

- Biodegradabilidad lenta: entre 5 años y los 50 años
- Biodegradabilidad rápida: entre los 3 años a 5 años

Ilustración 17

COMPONENTES DE RESIDUOS SÓLIDOS SEGÚN BIODEGRADABILIDAD	
RÁPIDA	LENTA
Residuos de comida	
Periódicos	
Papel de oficina	
Cartón	
	Textiles
	Goma
	Cuero
Residuos de jardín (hojas y césped)	Residuos de jardín (porciones leñosas)
	Madera
	Orgánicos misceláneos
Los plásticos se consideran generalmente como no biodegradables	

Nota. Adaptado de Constituyentes Orgánicos con Rápida y Lenta Biodegradabilidad [Fotografía] Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012, Colombia. Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio(Orden, n.d.).

Actualmente el relleno sanitario a trabajo para disminuir los aspectos e impactos dichos en los procesos o fases, de acuerdo con el cumplimiento del Plan Distrital de Desarrollo 2020-2024 considerado un nuevo contrato social y ambiental se ha desarrollado un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos- PGIRS asimismo un desarrollo con los objetivos de Desarrollo Sostenible- ODS trabajando hacia nuevas tecnologías de tratamiento, aprovechamiento y valorización de residuos permitiendo reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero y el enterramiento de materiales en el relleno sanitarios para aumentar las alternativas de paisajísticas.

Teniendo a consideración los Objetivos de Desarrollo Sostenible-ODS principalmente el ODS 12 Producción y Consumo Responsables guiado a la acciones globales y locales incluyendo el cuidado de los residuos sólidos y la reducción de emisiones contaminantes, de igual importancia el ODS 13 Acción por el Clima teniendo como objetivo primordialmente en combatir el cambio climático y sus efectos a partir del calentamiento global y las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero[29].

6. Análisis De Resultados

Diariamente llegan al Relleno Sanitario de Doña Juana aproximadamente 6.700 Toneladas de residuos sólidos que son dispuestos en su totalidad de manera técnica en celdas impermeabilizadas, con drenaje de lixiviados y sistema de emisiones de Biogás. Los residuos inician su descomposición anaeróbica e inicia la producción de biogás se realiza la captación y conducción de biogás hasta la Plata de “Biogás Doña Juana” el cual se procede a realizar la quema de metano y generación de energía[30].

Conforme al reporte llegan en promedio al Relleno Sanitario Doña Juana 2,924,997 de toneladas/año de residuos[31], considerando las emisiones de Gases de Efecto Invernadero se implementaron alternativas como “Biogás Doña Juana” Juana evitando 800 mil toneladas de dióxido de carbono (CO2) cada año a la atmósfera. De acuerdo con el presidente de “Biogás Dona Juana” se instalaron unos 290 pozos en los residuos sólidos, para poder aspirar el gas a través de tubería de polietileno de alta densidad extrayendo así el gas hacia tres modernas chimeneas el cual captura por hora 11,700 metros cúbicos de biogás[32]. Actualmente, la generación de energía está en 1,7 megavatios, energía que equivale a la demanda de cuatro mil hogares en Bogotá.

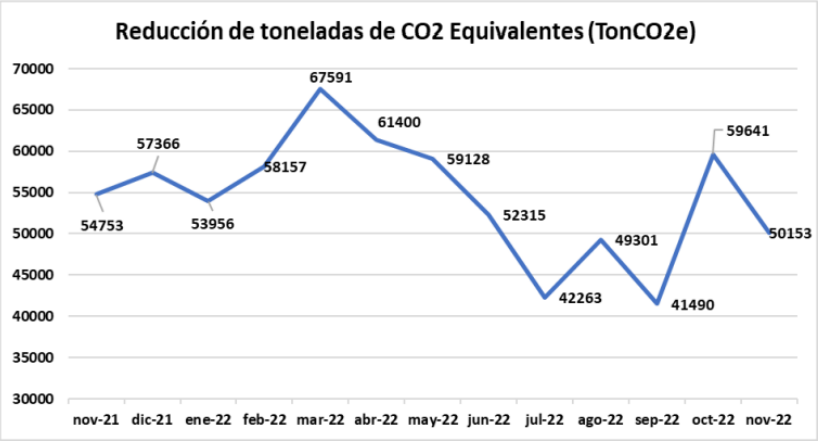
De acuerdo con el informe mensual de la Supervisión y Control en el relleno sanitario del 2022, se demuestra el comportamiento de la operación en detalle del Flujo de Biogás promedio captado y la reducción de toneladas de CO2:

---

[29] *(Objetivos y Metas de Desarrollo Sostenible - Desarrollo Sostenible, n.d.)*
[30] (*Página Principal*, n.d.)
[31] (*“Doña Juana” Recibió Casi 3 Millones de Toneladas de Residuos En 2021*, n.d.)
[32] (*En Doña Juana Se Aprovechan Los Gases de Los Residuos | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-*, n.d.)

Gráfica 1

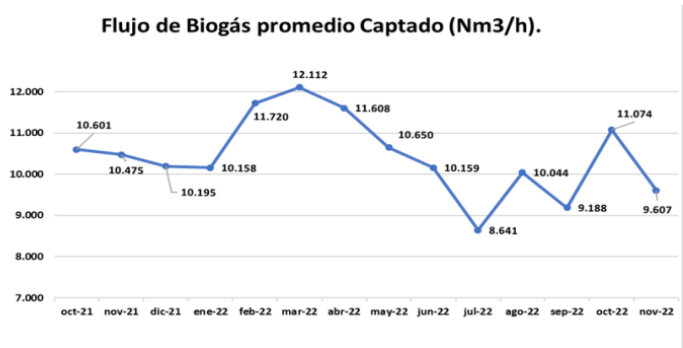
Indicadores Globales de la Operación en el Relleno Sanitario Doña Juana



Nota. Adaptado de Reducción de toneladas de CO2 equivalente (TonCO2e) [Fotografía], Unión Temporal Inter Doña Juana-UTIDJ, 2022, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP.

Gráfica 2

Indicadores Globales de la Operación en el Relleno Sanitario Doña Juana



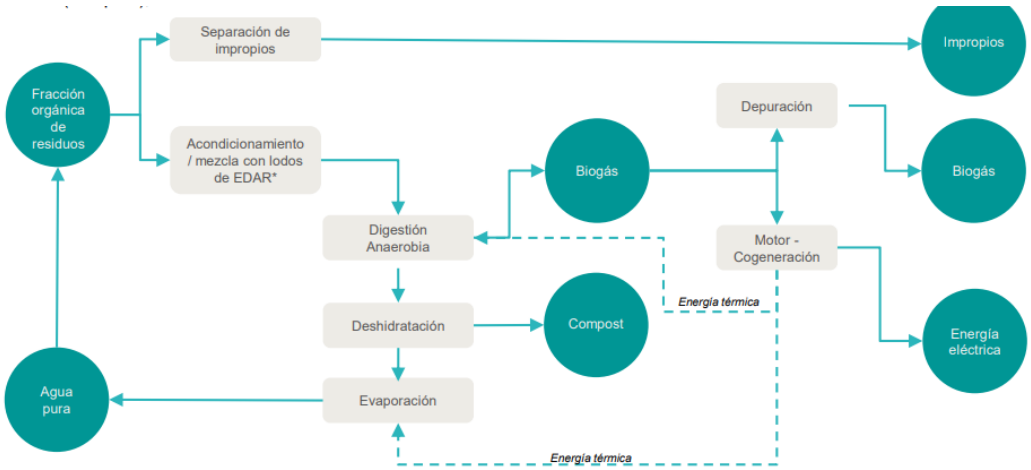
Nota. Flujo de Biogás promedio Captado (Nm3/h) [Fotografía], Unión Temporal Inter Doña Juana-UTIDJ, 2022, Unidad administrativa Especial de Servicios Públicos-UAESP[33].

Por otra parte, se encuentra la digestión anaeróbica de residuos orgánicos por la acción microbiana en ausencia de oxígeno usualmente acompañado de ácidos y gas metano, siendo la materia orgánica degradada en biogás y en residuo sólido estabilizado; identificando al biogás como una mezcla de metano, dióxido de carbono y otros gases menores siendo utilizado como combustible[34].Asimismo, la deshidratación causada por la digestión anaeróbica puede ser utilizada en aplicaciones agrícolas como compost.

[33] (*Informe Mensual de Supervisión y Control*, n.d.)

[34] (*Guía de Planeación Estratégica Para El Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios En Colombia*, 2017)

Ilustración 18



Nota. Adaptado de Aprovechamiento de la Fracción Orgánica de los Residuos-Digestión Anaeróbica [Fotografía] de Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos, 2017, Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.

6.1 Posibles Alternativas En Los Tratamientos De Los Rellenos Sanitarios:

Los tratamientos biológicos por procesos de degradación biológica pueden ser aeróbicos o anaeróbicos, enlazados con la aireación como puede ser aireación dinámica o frecuencia de aireación. En primer lugar, la aireación dinámica, es más homogénea involucrando toda la biomasa y evitando las zonas anaeróbicas, puede realizarse mediante volteadoras de compost. En segundo lugar, la frecuencia de aireación depende del contenido de humedad inicial de la masa, en exceso de humedad que produce zonas anaerobias y en consecuencia de malos olores conllevando la disminución de la velocidad del proceso.

Los tratamientos en el relleno sanitario conllevan un conjunto de operaciones, procesos o técnicas mediante se modifican las características de los residuos sólidos, incrementando sus posibilidades de reutilización para minimizar los impactos ambientales o riesgos para la salud humana. Existen diferentes tipos de tratamientos:

Tratamientos térmicos**:**

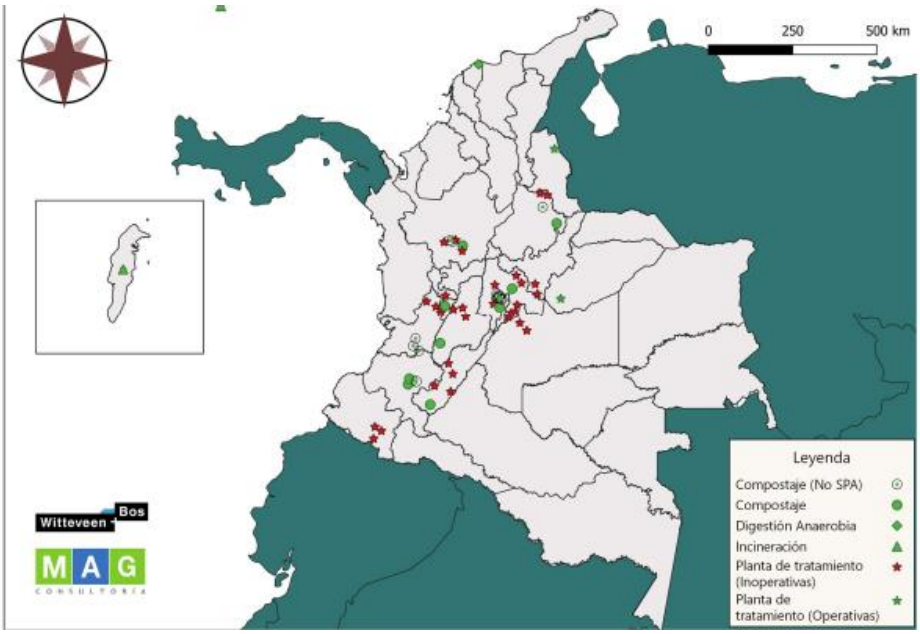
- Incineración de los Residuos: Tratamiento térmico que consiste en la combustión completa utilizando el oxígeno excedente. La combustión es controlada y convierte los residuos en cenizas, gases de combustión y calor.
- Gasificación: Combustión incompleta en ausencia parcial de oxígeno
- Pirólisis: Descomposición térmica en ausencia total de oxígeno
- Tratamiento Mecánico-Biológico: Combinación de procesos físicos y biológicos para el tratamiento de los residuos, teniendo como objetivo la recuperación de los materiales valorizables, acondicionar los residuos para el tratamiento biológico y estabilizar la materia orgánica.

- ➢ Autoclave: Los residuos son sometidos a vapor a alta presión y temperatura, para luego separar el material esterilizado[35].
- ➢ Plantas de Tratamiento Térmico

Tratamientos Biológicos:
Se realiza en condiciones controladas y optimizadas, en procesos de degradación biológica que puede ser aeróbico o anaeróbico. Considerado uno de los ejemplos más frecuentes como el *Compostaje*. Uno de los principales aspectos a considerar será el control de olores, vectores y percolados.

El desarrollo para implementar alternativas para la disposición final, guiado al aprovechamiento de los residuos sólidos identificando diferentes partes del país que han implementado nuevas tecnologías para los rellenos sanitarios, como: Archipiélago de San Andrés, Providencia, Villavicencio, Huila y Antioquia[36].

Ilustración 19



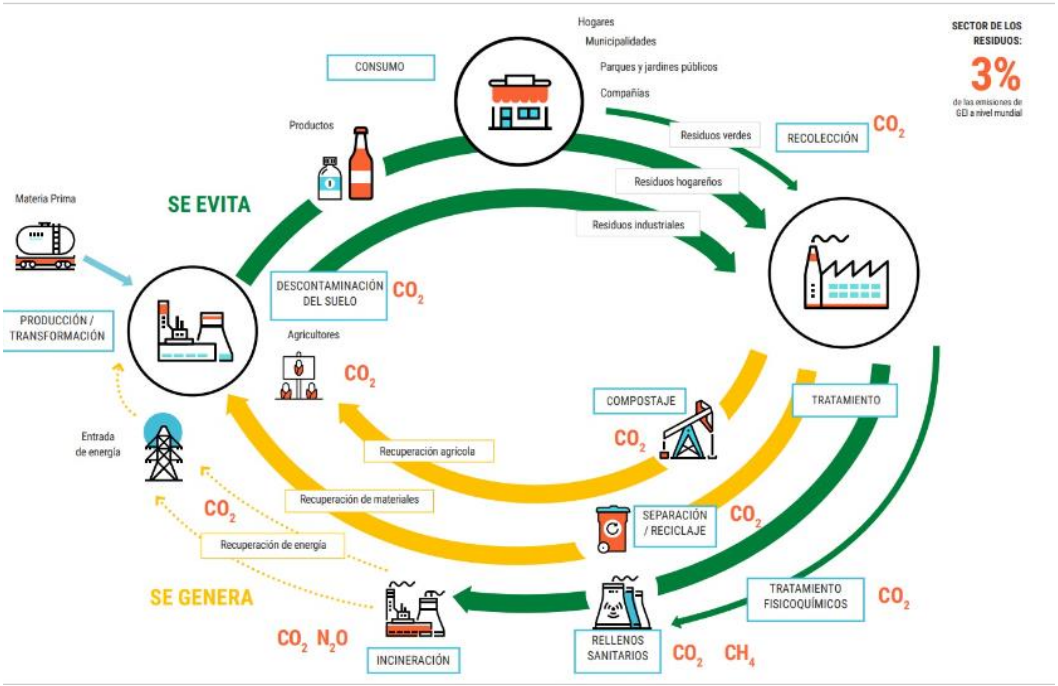
Nota. Adaptado de Iniciativas de tratamiento de residuos sólidos en Colombia [Fotografía], de Tratamiento de residuos sólidos en el marco del servicio público de aseo, 2021, Banco Mundial- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio[37].

Asimos, las posibles alternativas de mitigación y adaptación para las emisiones de gases de efecto invernadero en los rellenos sanitarios en Colombia, pueden ser planteadas en la transición de una economía lineal, es decir, extraer, producir, descartar, a una economía

[35] (*Guía de Planeación Estratégica Para El Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios En Colombia*, 2017)
[36] *(Sanitario El Carrasco Fotografía et al., 2021)*
[37] (Tratamiento de residuos sólidos en el marco del servicio público de aseo, Puentes, F et al., 2021)

circular orientada en diseñar productos que se conviertan en recursos aprovechables o generación de energía renovable[38].

Ilustración 20

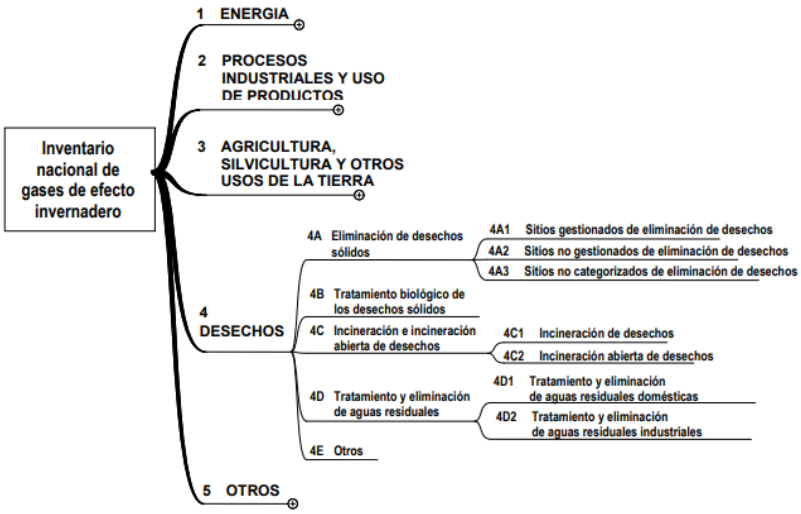


Nota. Adaptado de La gestión de residuos sólidos a un sistema de gestión de recursos [Fotografía], de Paola Medellín, 2019, Instituto de Estudios Urbanos-IEU

Una de las alternativas de importancia en los rellenos sanitarios de acuerdo con las emisiones en el sector de residuos encontramos los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero permiten orientar el diseño e implementación de acciones de mitigación, contribuyendo a las reducciones de emisiones de GEI. En el caso de Colombia, en el grupo de residuos se incluyeron tres actividades: Eliminación de desechos sólidos, Incineración de desechos y Tratamiento y eliminación de aguas residuales[39].

[38] (*De La Gestión de Residuos Sólidos a Un Sistema de Gestión de Recursos - Instituto de Estudios Urbanos*, n.d.)
[39] *Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales*

Ilustración 21



Nota. Adoptado de estructura del Sector Desechos [Fotografía], de Sin Autor, 2006, Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero [40]

De la misma forma, se puede analizar las dificultades, oportunidades, fortalezas y amenazas en los rellenos sanitarios de Colombia a través del análisis DOFA, considerada una herramienta de factores internos y externos que permite obtener una perspectiva general de la situación[41].

[40] (*Autores Riitta Pipatti (Finlandia) y Sonia Maria Manso Vieira (Brasil) 1.2 Directrices Del IPCC de 2006 Para Los Inventarios Nacionales de Gases de Efecto Invernadero*, n.d.)

[41] (*Relleno Sanitario Doña Juana ¿una Solución Llena de Problemas? - Derecho Del Medio Ambiente*, n.d.) *(Operación | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-, n.d.)*

Análisis DOFA

Interno

FORTALEZAS

-Cambiar los Sistemas no autorizados (botaderos a cielo abierto) por disposición en Sistemas autorizados (rellenos sanitarios) garantiza la prestación, coordinación, supervisión y control de los residuos de manera técnica sin causar peligro o riesgo a la salud pública.

-Las consideraciones técnicas implementadas como un licenciamiento ambiental, Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos- PGRIS o un Planes de Ordenamiento Territorial

-El control de emisiones de Gases de Efecto Invernadero producidas en el relleno sanitario a través de alternativas como plantas de Biogás

-Promueve el tratamiento de los residuos para ser utilizado en la generación de energía, biogás y compost, considerando que solamente el 1% es tratado por los rellenos sanitarios

-El control en el manejo de lixiviados de acuerdo el Decreto 1077 de 2015 y la regulación de niveles permisibles de emisiones GEI de acuerdo con la Resolución 909 de 2008

DEBILIDADES

-La descomposición lenta que ocurre en los rellenos sanitarios puede ocasionar olores fuertes, desagradables y contaminantes.

-Controversia por extender vida útil o vida útil vencida en los rellenos sanitarios como ejemplo. La controversia con el anuncio de extender vida útil del Relleno Sanitario Doña Juana por 37 años más en el 2018.

-Los grandes volúmenes de residuos sólidos dificultan la gestión en los rellenos sanitarios.

Externo

OPORTUNIDADES

-Implementar tratamientos biológicos o térmicos para el relleno sanitario, incrementando sus posibilidades de reutilización y minimización de los impactos ambientales

-El desarrollo de los ODS: 12 Producción y consumo responsable y 13 Acción por el clima en la contribución de proyectos de mejora como Biogás Doña Juana considerado una apuesta en eficiencia energética más importante del país

-La implementación de los Inventarios de GEI para analizar nuevas alternativas de adaptación y mitigación en los rellenos sanitarios

AMENAZAS

-La disposición final de residuos va en aumento en los sistemas autorizados para la vigencia del 2020 fue del 98,51% de toneladas anuales, en comparación del 2019 representa un aumento del 0,19% de toneladas

-Posibles explosiones a causa de los Gases de Efecto Invernadero por descomposición de residuos en el proceso de lixiviados sino se lleva el debido control

-Deslizamientos de residuos por falta de control y supervisión en el relleno sanitario como por ejemplo en el relleno Doña Juana-2020

CONCLUSIONES

1. La disposición final de los residuos en los 174 rellenos sanitarios de Colombia corresponde a un 90% de disposición final, sin embargo estarán bajo las consideraciones técnicas u operativas mencionadas en el Decreto 838 de 2005 para el manejo de los residuos sólidos en su disposición final, de esta manera un relleno sanitario estará ubicada en una superficie, preparada previamente para evitar la degradación del suelo, la contaminación del recurso hídrico o la atmósfera, contando con procesos o etapas como: Báscula de entrada o salida, planta de lixiviados, celda de lodos, planta biogás, capas impermeables, zonas de chimeneas, zona de aprovechamiento, almacenamiento de lixiviados, entre otros.

2. Las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el sector de residuos representan el 4% de las emisiones totales nacionales, las fuentes de emisión son la disposición de rellenos (metano-CH4), el tratamiento de aguas residuales (metano CH4- Óxido de Nitrógeno N2O) y la incineración de desechos (Dióxido de Carbono CO2- metano CH4). Asimismo, uno de los procesos identificados que generan GEI son el biogás producido en los rellenos sanitarios conlleva una mezcla de gases y la descomposición del material de manera lenta creando lixiviados que conllevan gas metano que serán llevado a las chimeneas

3. Una perspectiva general de la situación de los rellenos sanitarios en Colombia de acuerdo con el análisis DOFA basado en factores internos (fortalezas-debilidades) y externos (oportunidades-amenazas) demostrando tener las posibles oportunidades de crecimiento en los diferentes rellenos, a través de alternativas para la disminución o análisis de los Gases Efecto Invernadero como los Inventarios de GEI, tratamientos biológicos o térmicos y la implementación de los ODS.

BIBLIOGRAFÍAS

¿Cómo funciona un relleno sanitario? | *Innova Ambiental*. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.innova.com.pe/como-funciona-un-relleno-sanitario/

Autores Riitta Pipatti (Finlandia) y Sonia Maria Manso Vieira (Brasil) 1.2 Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. (n.d.).

D I A R I O O F I C I A L. (n.d.-a).

D I A R I O O F I C I A L. (n.d.-b).

De la gestión de residuos sólidos a un sistema de gestión de recursos - Instituto de Estudios Urbanos. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from http://ieu.unal.edu.co/en/medios/noticias-del-ieu/item/de-la-gestion-de-residuos-solidos-a-un-sistema-de-gestion-de-recursos

Decreto 1077 de 2015 Sector Vivienda, Ciudad y Territorio - Gestor Normativo - Función Pública. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=77216

Decreto 1713 de 2002 - Gestor Normativo - Función Pública. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=5542

Decreto 1784 - 2017 | *Minvivienda*. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://minvivienda.gov.co/normativa/decreto-1784-2017

Decreto 838 de 2005 - Gestor Normativo - Función Pública. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=16123

Derecho del Bienestar Familiar [RESOLUCION_MINAMBIENTE_RMA05802]. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.icbf.gov.co/cargues/avance/docs/resolucion_minambiente_rma05802.htm

Digestión anaerobia de residuos | *Medio Ambiente* | *Junta de Castilla y León*. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://medioambiente.jcyl.es/web/es/1285029036172.html

"Doña Juana" recibió casi 3 millones de toneladas de residuos en 2021. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://oab.ambientebogota.gov.co/relleno-dona-juana-recibio-casi-3-millones-de-toneladas-de-residuos-en-2021/

En Doña Juana se aprovechan los gases de los residuos | *Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-*. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.uaesp.gov.co/noticias/dona-juana-se-aprovechan-los-gases-los-residuos

En Ortega la vida útil de celda transitoria de basuras se acorta | *El Nuevo Día*. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.elnuevodia.com.co/nuevodia/tolima/479124-en-ortega-la-vida-util-de-celda-transitoria-de-basuras-se-acorta

Especiales UAESP: Relleno Doña Juana. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.uaesp.gov.co/especiales/relleno/index2.html

García, N. A., Montes Álvarez, M. T., Bonilla, M. B., Delegado, S., Alcantarillado, A., Diego, A., Urrea, A. O., Restrepo, L. H., Guerrero Peñarette, B., Carvajal, F. C., Herrera, L., Vargas Hernández, H., & Carvajal Díaz, J. (n.d.). *Publicación de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios República de Colombia 25 años de Superservicios*. Retrieved February 4, 2023, from www.superservicios.gov.cosspd@superservicios.gov.co

Gestor Normativo de la CRA - Resolución 853 de 2018 CRA. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://normas.cra.gov.co/gestor/docs/resolucion_cra_0853_2018.htm

glosario ambiental | *WWF*. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.wwf.org.co/de_interes/noticias/glosario_ambiental/

Guía de Planeación Estratégica para el Manejo de Residuos Sólidos de Pequeños Municipios en Colombia. (2017).

Informe mensual de Supervisión y Control. (n.d.).

Jaramillo, J (2002). Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales) Jorge Jaramillo. https://redrrss.minam.gob.pe/material/20090128200240.pdf

La UAESP, en determinados casos, podrá prestar el servicio del Relleno Sanitario Doña Juana | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.uaesp.gov.co/noticias/aprobado-articulo-permite-la-uaesp-la-administracion-del-relleno-sanitario-dona-juana

Ley 142 de 1994 - Gestor Normativo - Función Pública. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=2752

Ley 99 de 1993 - Gestor Normativo - Función Pública. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=297

Manuel Santos Calderón, J., Fernando Cristo Bustos, J., Cárdenas Santamaría, M., Eduardo Londoño Ulloa, J., Carlos Villegas Echeverri Ministro de Defensa Nacional Aurelio Iragorri Valencia, L., Gaviria Uribe, A., Eugenia López Obregón Ministra de Trabajo Germán Arce Zapata, C., Claudia Lacouture Pinedo, M., Giha Tovar Ministra de Educación Nacional Luis Gilberto Murillo Urrutia, Y., Noguera De la Espriella, E., Luna Sánchez, D., Eduardo Rojas Giraldo, J., Garcés Córdoba Ministra de Cultura Alejandro Olaya Dávila, M., Orozco de la Cruz, T., & Fernando Mejía Alzate Subdirector Sectorial Manuel Fernando Castro Quiroz, L. (n.d.). *CONSEJO NACIONAL DE POLÍTICA ECONÓMICA Y SOCIAL CONPES María Ángela Holguín Cuéllar Ministra de Relaciones Exteriores*.

Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

Orden, L. (n.d.). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico-RAS*.

Operación | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-. (n.d.). Retrieved February 5, 2023, from https://www.uaesp.gov.co/content/operacion

Página principal. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://biogas.com.co/

Relleno sanitario | Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos -UAESP-. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.uaesp.gov.co/transparencia/informacion-interes/glosario/relleno-sanitario

Relleno sanitario Doña Juana ¿una solución llena de problemas? - Derecho del Medio Ambiente. (n.d.). Retrieved February 5, 2023, from https://medioambiente.uexternado.edu.co/relleno-sanitario-dona-juana-una-solucion-llena-de-problemas/

Puentes, F et al., (2021). Tratamiento de residuos sólidos en el marco del servicio público de aseo [Archivo PDF]. https://www.minvivienda.gov.co/sites/default/files/documentos/20210830-reporte-final-wb_v3_0.pdf

Resolución 0154 - 2014 | Minvivienda. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://minvivienda.gov.co/normativa/resolucion-0154-2014

Resolución 1407 de 2018 - Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.minambiente.gov.co/documento-normativa/resolucion-1407-de-2018/

Rivas, C.(2018). Piensa un minuto antes de actuar: Gestión Integral de Residuos Solidos [Archivo PDF].https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx

Sanitario El Carrasco Fotografía, R., Sspd, por, Avendaño García, N., Eduardo Bayona Bonilla Superintendente Delegado para Acueducto, M., Aseo Armando Ojeda Acosta, A., Amanda Bustos Pineda, K., Madrid Gallego, N., Margarita Camelo Olarte, D., & Alejandra Páez Lugo Marlon Jaramillo Zapata Paula Andrea Mora Adán, E. (2021). *Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios COLOMBIA INFORME NACIONAL DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS 2020 Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios Colombia Elaborado y publicado 2021 Contenido*.

Tratamiento y disposición final | *Minvivienda*. (n.d.). Retrieved February 4, 2023, from https://www.minvivienda.gov.co/viceministerio-de-agua-y-saneamiento-basico/gestion-institucional/gestion-de-residuos-solidos/tratamiento-y-disposicion-final