



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**ACTUALIZACIÓN DE LOS MANUALES OPERATIVOS DEL  
RELLENO SANITARIO Y GRANJA AMBIENTAL LOS SALTOS DE  
MARINILLA, BASADOS EN EL DECRETO 1784 DE 2017 Y EN LA  
RESOLUCIÓN 938 DE 2019**

**Autora  
Lady Diana Montoya Henao**

**Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2021**



**Actualización de los manuales operativos del Relleno Sanitario y Granja Ambiental  
Los Saltos de Marinilla, basados en el Decreto 1784 de 2017 y en la Resolución 938  
de 2019**

Lady Diana Montoya Henao

Informe de práctica como requisito para optar al título de:  
Ingeniera Sanitaria.

Asesora interna  
Margarita María Jaramillo Ciro  
Ingeniera Ambiental MSc PhD (c)

Asesora externa  
Luz Adriana Salazar Duque  
Ingeniera ambiental

Universidad de Antioquia  
Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental  
Medellín, Colombia  
2021

## Tabla de contenido

1. Resumen.....	1
2. Introducción .....	2
3. Objetivos.....	4
3.1 Objetivo general.....	4
3.2    Objetivos específicos .....	4
4. Marco teórico .....	4
4.1 Definición Relleno Sanitario.....	4
4.1.1    Métodos de construcción de rellenos sanitarios.....	5
4.1.2    Tipos de Rellenos Sanitarios.....	8
4.1.3    Relleno Sanitario y Granja Ambiental Los Saltos .....	9
4.2    Definición Lixiviado.....	10
4.2.1    Tren de tratamiento de la planta de lixiviados .....	10
4.3    Marco legal .....	12
5. Metodología .....	13
5.1    Evaluación inicial.....	15
5.2    Diagnóstico .....	16
5.3    Actualización .....	16
5.3.1    Elección de la información a incluir en el manual de operación del Relleno Sanitario. 16	
5.3.2    Recopilación de información.....	17
5.3.3    Evaluación de los resultados.....	17
6. Resultados y análisis .....	17
6.1 Actualización del manual de operación del Relleno Sanitario. ....	21
6.2 Actualización del manual de operación de la planta de lixiviados. ....	24
•    Socialización de los manuales de operación.....	26
7. Conclusiones.....	26
Bibliografía .....	27

## **Actualización de los manuales operativos del Relleno Sanitario y Granja Ambiental**

### **Los Saltos, basados en el Decreto 1784 de 2017 y en la Resolución 938 de 2019**

#### **1. Resumen**

Los rellenos sanitarios son una solución técnica de saneamiento básico, resultado de procesos de planeación, diseño, operación y control para la disposición final adecuada de residuos sólidos. La empresa de Servicios Públicos de San José de la Marinilla, es la encargada de la operación del Relleno Sanitario y Granja Ambiental Los Saltos, el cuál empezó operación en febrero del año 2009, mediante la licencia ambiental otorgada por Cornare N° 112-0406 de 2007.

El tratamiento dado a los lixiviados en la planta del Relleno Sanitario es importante analizarlo con el fin de ofrecer una herramienta base para la toma de decisiones teniendo como propósito mejorar el proceso y hacerlo más eficiente, a su vez desglosar las especificaciones y recomendaciones que debe cumplir la empresa en las diferentes actividades que involucren la reparación y el mantenimiento al sistema, así como también las medidas de seguridad y precaución que se deben tomar a la hora de hacer el mantenimiento.

En este proyecto se determinan los parámetros a modificar en la actualización de los manuales operativos, además se realiza varios aforos para la calibración del vertedero triangular con el fin de obtener claridad del caudal que entra diariamente a la planta de lixiviados del Relleno.

Como resultado de la evaluación inicial y el diagnóstico realizado se concluyó que fue necesario llevar a cabo la actualización de los manuales operativos del Relleno Sanitario con el fin de dar cumplimiento a los estándares mínimos en la operación de los sitios de disposición final que se encuentren en funcionamiento, al igual que el de la planta de lixiviados con el fin de mejorar la eficiencia ya que su operatividad no era la esperada.

## **2. Introducción**

La empresa de Servicios Públicos de San José de la Marinilla E.S.P, actualmente presta los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo con una alta calidad y efectividad para todos los usuarios del municipio, con el fin de desarrollar una cultura de valoración y reconocimiento por la calidad integral en la prestación de los servicios públicos con responsabilidad social y empresarial para el crecimiento de los servicios en beneficio de los habitantes de Marinilla (ESPA, s.f.).

Para el desarrollo de este trabajo se indagó la normatividad vigente estipulada por el gobierno nacional, se revisaron los manuales operativos actuales del Relleno Sanitario de la empresa de servicios públicos San José de la Marinilla E.S.P, la zona de estudio se encuentra localizada al Noroccidente del Municipio de Marinilla, en jurisdicción de las Veredas Salto Arriba y Salto Abajo, a 18 Km de la cabecera municipal.

El presente trabajo parte del Decreto 1784 de 2017 el cual promueve y facilita la planificación, construcción y operación de sistemas de rellenos sanitarios en Colombia y los procesos para el tratamiento de residuos sólidos. Reglamentado a través de la

Resolución 938 de 2019, este constituye un gran avance para el país, ya que desde el Decreto 838 de 2005 no se actualizaba la norma. Con el Decreto 1784 de 2017, se buscan otros sistemas para mejorar la calidad ambiental en Colombia, otro de los beneficios de este es la elevación de los estándares de operación, haciéndolos más eficientes con un nivel adecuado de conducción y tratamiento de lixiviados, de gases y aumentando los niveles de compactación, haciendo más larga la vida útil de los rellenos y disminuyendo los impactos ambientales.

El manejo de lixiviados que actualmente se da en el relleno sanitario busca cumplir con los parámetros y directrices establecidas desde el diseño y la operación de la planta con el fin de disminuir la carga contaminante aportada por el efluente y así cumplir con la calidad del vertimiento que se descarga a la quebrada El Rey en cumplimiento de la Resolución 631 de 2015.

En el Relleno Sanitario y Granja Ambiental Los Saltos, la selección del método a utilizar para la operación del Relleno Sanitario se realiza con base en las condiciones topográficas, geotécnicas y geohidrológicas del sitio seleccionado para la disposición final de los residuos. La técnica de disposición final es de tipo mecanizado. Este trabajo de prácticas se realiza con el fin de actualizar los manuales de operación del Relleno Sanitario y Granja Ambiental Los Saltos del municipio de Marinilla Antioquia, debido a que los manuales de operación actuales deben incluir algunas disposiciones que indica la norma con el objetivo de alcanzar un sitio de disposición final más organizado y que se maneje de acuerdo a la normatividad colombiana.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Actualizar los manuales operativos del Relleno Sanitario y Granja Ambiental los Saltos, manejados por la empresa de servicios públicos de San José de la Marinilla E.S.P.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Realizar un diagnóstico para identificar la operación del Relleno Sanitario y realizar las adiciones requeridas por la norma.
- Evaluar el funcionamiento de la planta de tratamiento de lixiviados, mediante la verificación del actual manual de operación.
- Proponer mejoras para el tratamiento de la planta y optimizar el funcionamiento del tratamiento de los lixiviados.

### **4. Marco teórico**

#### **4.1 Definición Relleno Sanitario**

En Colombia, los sistemas de disposición final adecuada son definidos como aquellos lugares que cuentan con un instrumento de seguimiento ambiental de su operación y son reconocidos como alternativas de disposición final de conformidad con lo establecido en la Resolución 1096 de 2000, el Decreto 1077 de 2015 y la Resolución 1890 de 2011. Los rellenos sanitarios en Colombia hacen parte de una disposición final adecuada de los residuos sólidos (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2017).

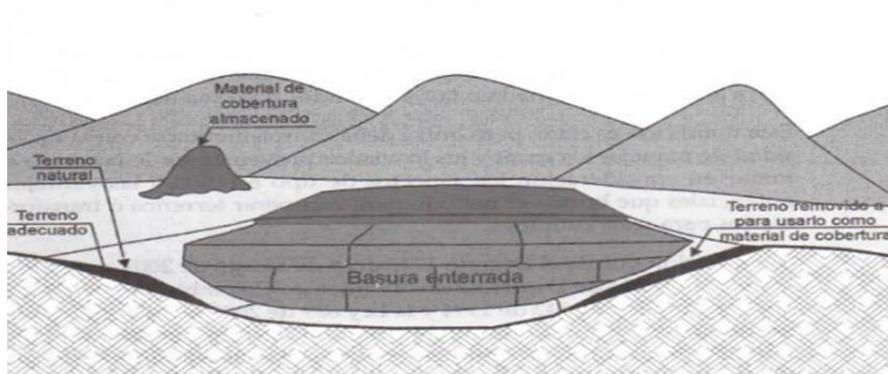
Un relleno sanitario es una “Solución técnica de Saneamiento Básico, resultado de procesos de Planeación, Diseño, Operación y Control para la disposición final adecuada de residuos sólidos” (Ministerio de Vivienda, 2017, p.11). El Relleno Sanitario Los Saltos, de acuerdo con las condiciones topográficas, geotécnicas e hidrogeológicas del sitio seleccionado establece como el método de llenado el método combinado.

#### **4.1.1 Métodos de construcción de rellenos sanitarios**

Actualmente hay cuatro tipos generales de relleno sanitario: área, rampa, trinchera y la combinación de área y rampa. Los cuatro tienen características muy similares y la principal es la topografía del terreno la que obliga a utilizar uno de los cuatro tipos.

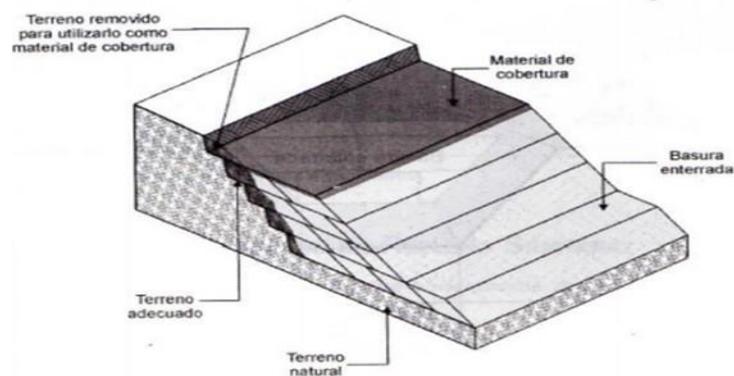
A continuación, se describen los cuatro tipos de relleno sanitario:

•**Tipo área:** Se emplea en lugares donde no es factible realizar la excavación de fosas o trincheras para enterrar la basura. Se usa habitualmente en terrenos relativamente planos, con profundidades y hondonadas naturales o artificiales, tales como canteras abiertas producidas por extracción de materiales. El material utilizado para cobertura se trae del terreno removido de la capa superficial de áreas contiguas.



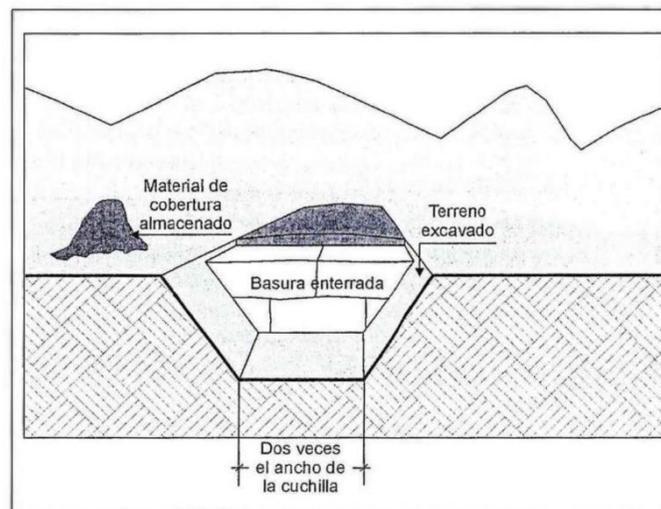
“Collazos, H. (2013). Diseño y operación de rellenos sanitarios. [Figura]. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/473726957/Diseno-y-Operacion-de-Rellenos-Sanitarios-pdf>”

•**Tipo rampa:** Generalmente es utilizado en terrenos con pendientes moderadas, aunque pueden ser diseñados para ir formando escalones en terrenos con leves inclinaciones, haciendo pequeñas excavaciones para obtener el material de cobertura.



“Collazos, H. (2013). Diseño y operación de rellenos sanitarios. [Figura]. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/473726957/Diseno-y-Operacion-de-Rellenos-Sanitarios-pdf>”

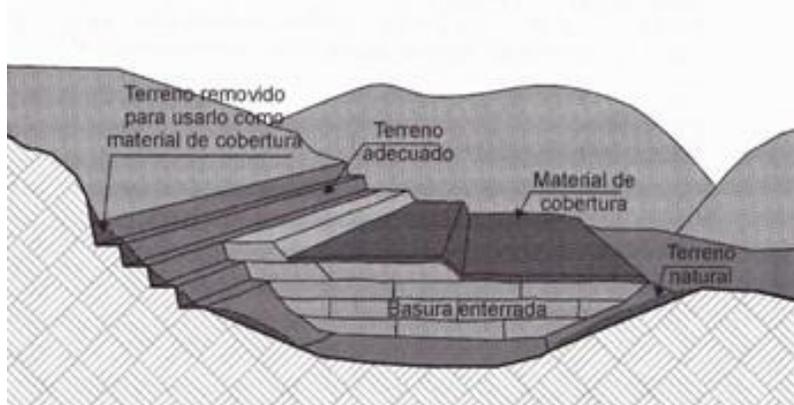
•**Tipo trinchera o zanja:** Las zanjas se hacen de 1,8 a 2,5 metros de altura y de un ancho de por lo menos dos veces el ancho de la cuchilla del equipo para facilitar el acceso del tractor. Las zanjas suelen hacerse de 3,6 a 10 metros de ancho, pero las dimensiones son determinadas en cada caso. Otra condición es que el suelo debe tener características cohesivas para dar más inclinación al talud. Luego de realizada la excavación, los desechos se colocan dentro de la zanja, para ser compactados y cubiertos con el material de cobertura, lo que constituye una ventaja al no presentarse desperdicio de material. No obstante, no es recomendable en terrenos de niveles freáticos altos debido a los riesgos de contaminación que se pueden presentar.



“Collazos, H. (2013). Diseño y operación de rellenos sanitarios. [Figura]. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/473726957/Diseno-y-Operacion-de-Rellenos-Sanitarios-pdf>”

•**Tipo combinado área y rampa:** Generalmente los rellenos sanitarios muy grandes, son construidos sobre grandes extensiones en las cuales se encuentran muchas

formas de terreno, por lo tanto, no es posible afirmar si es tipo área o rampa, sino una combinación de éstas.



“Collazos, H. (2013). Diseño y operación de rellenos sanitarios. [Figura]. Recuperado de <https://www.scribd.com/document/473726957/Diseno-y-Operacion-de-Rellenos-Sanitarios-pdf>”

#### 4.1.2 Tipos de Rellenos Sanitarios

Existen varios tipos de rellenos sanitarios; diseñados y elegidos dependiendo de la comunidad, el presupuesto, los espacios, el equipo con el que se cuenta, etc. Pero los tipos más destacados y comunes son 3:

- Mecanizado:** Está diseñado para ciudades grandes que generen de 40 toneladas de basura en adelante. Evidentemente es un proyecto sumamente complejo que requiere una planeación y operación muy específica. No solo se trata de operar con equipo pesado, sino de tomar en cuenta factores tan importantes como; las dimensiones del terreno, tiempo de operación, diseño y ejecución del relleno, el equipo que se necesita, gastos de

operaciones y mantenimiento, la logística para la recepción de la basura y su confinamiento, etc. Este tipo de relleno necesita equipo muy preciso; para el movimiento de tierra, tractores, retroexcavadora, volquete, etc. (GEOSAI, 2017).

•**Semimecanizado:** Éste se usa para comunidades que generen entre 16 y 40 toneladas de desperdicios y residuos sólidos al día. Aquí se recomienda el uso de maquinaria pesada como complemento al trabajo y la operación manual; con el objetivo de que haya una correcta compactación y que el relleno sanitario en cuestión tenga una vida útil más larga. (GEOSAI, 2017)

•**Manual:** Este tipo de relleno sanitario es usado por comunidades muy pequeñas que produzcan menos de 15 toneladas de desechos sólidos al día y que no tengan la posibilidad de adquirir o contar con equipo pesado para el manejo del relleno; debido al costo de operación y cuidado. Al referirnos a método manual estamos hablando de que una cuadrilla de hombres con herramienta lo pueden realizar. (GEOSAI, 2017)

#### **4.1.3 Relleno Sanitario y Granja Ambiental Los Saltos**

Se encuentra ubicado al Noroccidente del Municipio de Marinilla, en jurisdicción de las Veredas Salto Arriba y Salto abajo, a 18 Km de la cabecera municipal. Tiene un área de 70.822,73 m<sup>2</sup> y está ubicado en las coordenadas planas 6°14'38.1"N 75°18'01.1"W del sistema MAGNA-SIRGAS Colombia. En este se depositan las basuras del municipio de Marinilla, la generación de residuos sólidos es aproximadamente de 41

Ton/día. Se realiza un aprovechamiento de los residuos orgánicos con el objetivo de optimizar la vida útil del Relleno, ya que esta se define como “la capacidad del Relleno Sanitario expresada en unidad de tiempo, calculada a partir de la relación del volumen máximo (m<sup>3</sup>) de diseño y la tasa de disposición” (Ministerio de Vivienda, 2017, p.11). Esta se establece en primera instancia por parte de la autoridad ambiental competente, en este caso Cornare y está proyectada hasta el 2031.

El tipo de Relleno Sanitario de la empresa de servicios públicos de Marinilla es tipo combinado área y rampa y de tipo mecanizado.

## **4.2 Definición Lixiviado**

Líquido residual generado por la descomposición de la materia orgánica y/o como resultado de la percolación del agua a través de los residuos en proceso de degradación.

### **4.2.1 Tren de tratamiento de la planta de lixiviados**

El sistema de tratamiento de lixiviados del Relleno Sanitario Los Saltos se compone de las siguientes unidades:

- Tratamiento preliminar: Desarenadores, canaleta de aforo, rejas de cribado.
- Tratamiento primario: Tanque séptico, FAFa con medio filtrante sintético, sistemas de barreras reactivas permeables, floculador y sedimentador.
- Tratamiento secundario: Laguna de maduración o pulimiento.

Manejo de lodos: lechos de secado. Caudal de diseño 0,11 L/s (S.A, SANEAR 2006).

La planta de lixiviados dispone de un sistema de tratamiento con el fin de garantizar los valores de carga orgánica indicados en el Capítulo VI de la Resolución 0631 de 2015: “por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones” (Ministerio de Ambiente, 2015, p.1).

El objetivo principal del tren de tratamiento es garantizar una carga orgánica que cumpla con los valores establecidos en la norma a la hora de realizar el vertimiento del efluente a la quebrada El Rey. En la Tabla 1, están registrados los valores permisibles de los vertimientos puntuales de ARnD.

**Tabla 1**

*Valores máximos permisibles en los parámetros fisicoquímicos de los vertimientos puntuales de aguas residuales no domésticas*

Parámetros generales	Unidades	Generación de energía eléctrica	Tratamiento y disposición de residuos	Reciclaje de materiales plásticos y similares	Reciclaje de tambores
pH	Unidades de pH	6 a 9	6 a 9	6 a 9	6 a 9
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L O <sub>2</sub>	200	200	500	1.000
Demanda Bioquímica de	mg/L O <sub>2</sub>	150	800	200	600

Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )						
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	mg/L	100	400	200	150	
Sólidos Sedimentables (SSED)	mg/L	5	5	1	1	
Grasas y aceites	mg/L	20	50	20	20	
Compuestos Semivolátiles Fenólicos	mg/L		Análisis y Reporte			
Fenoles	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	
Formaldehído	mg/L			Análisis y Reporte		
Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM)	mg/L	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	Análisis y Reporte	

Nota. Recuperado de Decreto 631, 2015, MINISTERIO DE AMBIENTE, p.7.

#### 4.3 Marco legal

A continuación, se presenta el marco legal:

•**Decreto 838 de 2005** (Presidencia de la República)

“por el cual se modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones” (Ministerio de Ambiente, 2005, p.1).

•**Decreto 1077 de 2015** (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio)

“Por el medio el cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio” (Ministerio de Vivienda, 2017, p.1).

•**Decreto 1784 de 2017** (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio)

“Por el cual se modifica y adiciona el 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” (Ministerio de Vivienda, 2017, p.1).

•**Resolución 938 de 2019** (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio)

“por la cual se reglamenta el Decreto 1784 del 2 de noviembre de 2017 en lo relativo a las actividades complementarias de tratamiento y disposición final de residuos sólidos en el servicio público de aseo” (Ministerio de Vivienda, 2019, p.1).

•**Resolución 631 de 2015** (ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible)

“Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones” (Ministerio de Ambiente,2015, p.1).

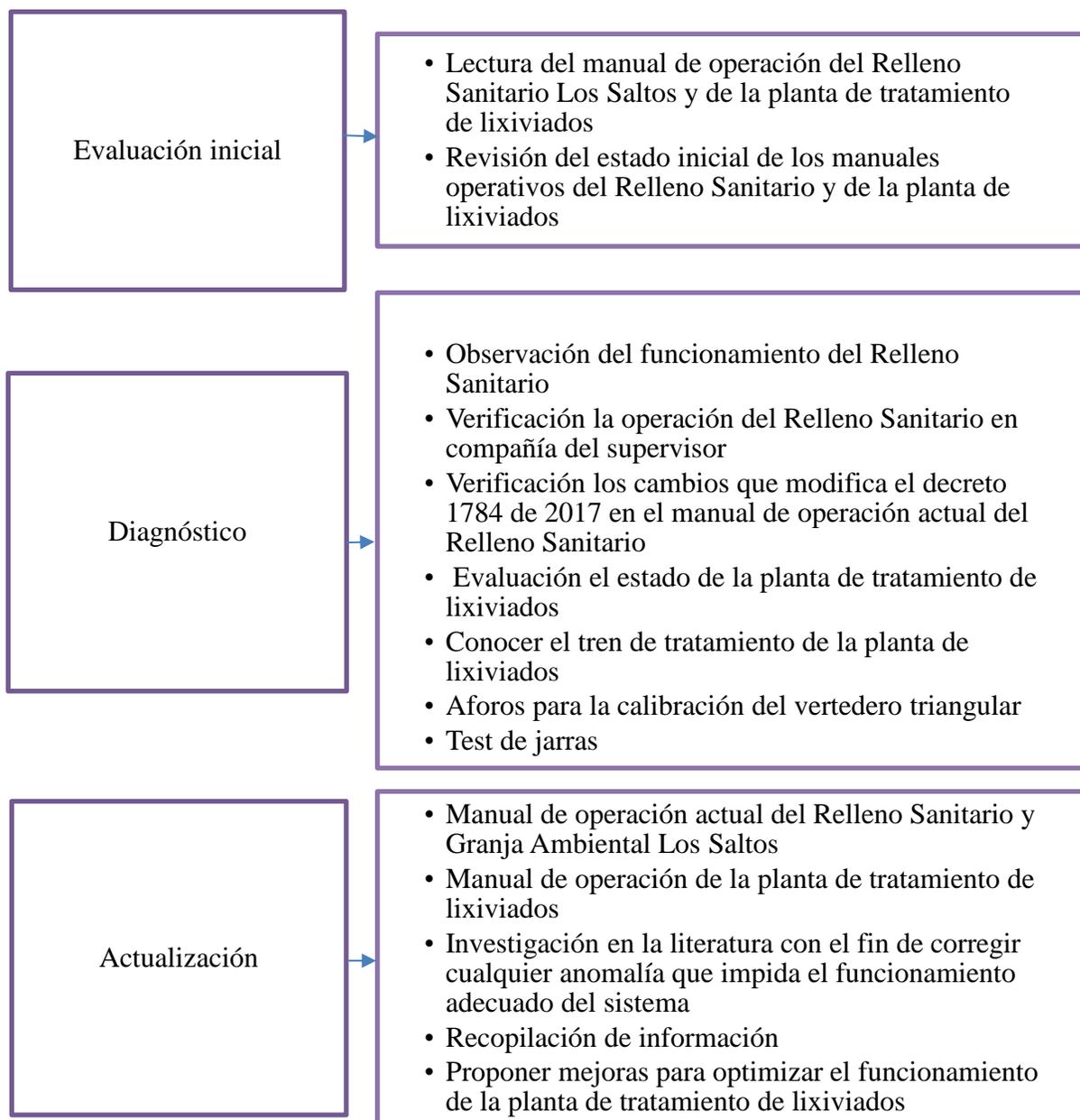
## **5. Metodología**

El objetivo de la actualización de los manuales operativos en la empresa de servicios públicos San José de la Marinilla, fue tener una mejor organización en el sitio de disposición final, para lograr un manejo adecuado en los diferentes procesos que se

llevan a cabo de acuerdo a la normatividad vigente. Para esto, se desarrolló una serie de visitas para hacer un diagnóstico de las actividades llevadas a cabo en el Relleno Sanitario. La disposición de estos residuos sólidos y la percolación del agua, genera lixiviados, los cuales deben ser tratados adecuadamente para disminuir el impacto que puedan generar en el cuerpo de agua receptor, logrando una disminución de las afectaciones al medio ambiente.

El marco normativo que sustentó el desarrollo de este proyecto, está enmarcado específicamente en el decreto 1077 de 2015, modificado el 14 de octubre de 2020 “Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio”, el cual contiene la actualización de la normativa compilada, para que se ajuste a la realidad institucional y a la normativa vigente con el fin de identificar la información necesaria para cumplir los objetivos del proyecto.

Las diferentes fases de la metodología desarrolladas en este proyecto, se presentan a continuación, donde se describe de forma detallada las diferentes actividades para cumplir los objetivos planteados al inicio del proyecto.



### 5.1 Evaluación inicial

Se realizó la revisión de los manuales de la empresa para verificar la información contenida en la actualidad y poder identificar los aspectos que se deben mejorar, o que incumplan la normatividad vigente al desarrollo de este proyecto. Posteriormente, se investigó en libros, tesis de grado, documentos web, artículos científicos y estudios

recientes para hacer un análisis más profundo con esta investigación, teniendo en cuenta los hallazgos encontrados en la revisión inicial de los manuales.

Se investigó las Toneladas/día que se disponen en el Relleno Sanitario según el promedio diario registrado durante el último año para realizar la categorización y de acuerdo a esto se utilizan los criterios de diseño y operación, además del monitoreo e instrumentación que se deben cumplir según la normatividad.

También, se investigó el sistema de tratamiento adecuado de los lixiviados para garantizar el cumplimiento de la normatividad Colombiana respecto al vertimiento que se hace al cuerpo de agua de la quebrada El Rey.

## **5.2 Diagnóstico**

Se realizaron varias salidas de campo con el fin de observar el funcionamiento y el estado actual tanto del Relleno Sanitario como también, de la planta de tratamiento de lixiviados para conocer los criterios de diseño, el tren de tratamiento y el volumen de las unidades en la planta. También, se efectuaron varios aforos de caudal por el método volumétrico en la entrada de la planta de lixiviados en el vertedero triangular, con el fin de determinar la curva de calibración para este aforador y registrar el caudal diario en la planta. También se llevaron a cabo varios ensayos de jarras con el objetivo de elegir la dosis óptima del coagulante que se adiciona en la planta de tratamiento de lixiviados.

## **5.3 Actualización**

### **5.3.1 Elección de la información a incluir en el manual de operación del Relleno Sanitario.**

Se seleccionó la información necesaria para cumplir con la normatividad vigente en Colombia.

### **5.3.2 Recopilación de información.**

Con la información recolectada se procedió a actualizar el manual de operación del Relleno Sanitario, para implementar nuevos criterios exigidos por la normatividad, para incluir las diferentes exigencias tanto en el Relleno Sanitario como en la planta de tratamiento de lixiviados.

### **5.3.3 Evaluación de los resultados.**

Se socializaron los manuales de operación con la directora de aseo y el con el supervisor del Relleno Sanitario de la empresa, con el fin de exponer los cambios y nuevos requerimientos que se deben implementar para cumplir la normatividad que entra en vigencia a partir del 01 de enero del 2021.

## **6. Resultados y análisis**

El resultado obtenido durante el desarrollo de la práctica académica fue la actualización de los manuales de operación del Relleno Sanitario y Granja Ambiental Los Saltos, con el fin de dar cumplimiento a la normativa colombiana.

Para el desarrollo de la actualización de los manuales de operación se toma como precedente el decreto 838 de 2005, el cual estableció pautas para llevar a cabo la disposición final de los desechos producidos mediante la tecnología de rellenos sanitarios en Colombia y el decreto 1784, el cual busca elevar los estándares de operación, haciéndolos más eficientes con un nivel adecuado de conducción y tratamiento de

lixiviados, de gases y aumentando los niveles de compactación, haciendo más larga la vida útil de los rellenos y menores los impactos ambientales.

Para el desarrollo de la actualización de los manuales, se siguieron los pasos descritos anteriormente en la metodología.

Al realizar la evaluación inicial se identificó como principal inconveniente que los manuales de operación estaban desactualizados e incompletos, se detectó la necesidad de incluir en el manual de operación del Relleno algunos ítems que le modificaba el decreto 1784 de 2017 de acuerdo a su categorización, además de varios cambios en los diámetros de las tuberías y modificaciones en el control de plagas. Al manual de operación de la planta de tratamiento de lixiviados era necesario añadir los pasos para realizar los mantenimientos de las unidades que componen la planta y los formatos para llevar un registro de la periodicidad, inspección y el tipo de material extraído.

El resultado del diagnóstico, arrojó la necesidad de cambiar el diámetro de las tuberías en el manual actual, reformar la señalización en la infraestructura del Relleno y realizar los ajustes pertinentes y requeridos según la norma. En la figura 1, se muestra el Relleno Sanitario de la empresa de servicios públicos de San José de la Marinilla.



Relleno Sanitario y Granja Ambiental Los Saltos,  
Vereda Los Saltos, Marinilla. [Figura 1].

En la planta de tratamiento de lixiviados, se encontró la necesidad de instalar una regleta en el vertedero triangular para el registro de la altura a la hora de reportar el caudal, reparar algunas grietas que presentaba el tanque FAFA, cambio del floculador porque no cumple con los criterios técnicos y ampliación de los lechos de secado.

A continuación, se muestran las condiciones de la planta de tratamiento de lixiviados.



Planta de lixiviados,  
Relleno Sanitario Los Saltos. [Figura 2].



Vertedero triangular,  
Relleno Sanitario Los Saltos. [Figura 3].



Floculador,  
Relleno Sanitario Los Saltos. [Figura 4].



Mantenimiento de tanque séptico,  
Relleno Sanitario Los Saltos. [Figura 5 y 6].

## 6.1 Actualización del manual de operación del Relleno Sanitario.

### •Información

Después de la revisión del decreto 1784 y la resolución 938 de 2019, se seleccionaron los artículos más relevantes con respecto a las modificaciones que se le debían realizar al manual de operación del Relleno Sanitario conforme a la norma.

A continuación, se describen algunos de estos artículos:

- **Artículo 2. Condiciones de diseño y operación.**

Las condiciones mínimas de diseño y operación, que deberán ser utilizadas de acuerdo con la categorización definida por el Decreto 1784 de 2017 para los sitios de disposición final, a partir del promedio diario registrado durante el último año serán las registradas en la Tabla 1:

**Tabla 2**

*Condiciones de operación para los sitios de disposición final en Colombia*

Condiciones de operación	Categoría de Relleno			
	I	I	II	I
	I	I	V	
Compactación mecánica inmediata una vez realizada la descarga de residuos	X	X	X	X
Densidad de compactación mayor o igual a 1,1 Ton/m <sup>3</sup>				X
Densidad de compactación mayor o igual a 1 Ton/m <sup>3</sup>		X	X	
Densidad de compactación mayor o igual a 0,85 Ton/m <sup>3</sup>	X			
Cobertura diaria	X	X	X	X

Área máxima descubierta del frente de operación de 500 m <sup>2</sup>	X			
Área máxima descubierta del frente de operación de 3000 m <sup>2</sup>		X	X	
Área máxima descubierta en cada uno de los frentes de operación de 3000 m <sup>2</sup>				X
Establecer dos (2) frentes de operación trabajando de manera simultánea				X
Uso de residuos de demolición y construcción para vías internas debidamente acondicionadas	X	X	X	X
Tratamiento de lixiviados incluyendo la recirculación	X	X	X	X

Nota. Recuperado de Resolución 938, 2019, MINISTERIO DE VIVIENDA, p.4.

- **Artículo 3. Monitoreo e instrumentación.**

El monitoreo y la instrumentación deberá ser realizada de conformidad con lo registrado en la Tabla 2:

**Tabla 3**

*Condiciones de monitoreo e instrumentación para los sitios de disposición final en Colombia.*

Parámetros	Frecuencia	Categoría de Relleno			
		I	II	III	IV
Caracterización de residuos sólidos en el relleno sanitario	Anual	X	X	X	X
Monitoreo de la densidad de compactación mayor o igual a 1,1 Ton/m <sup>3</sup>	Semanal				X
Monitoreo de la densidad de compactación mayor o igual a 1 Ton/m <sup>3</sup>	Mensual		X	X	
Monitoreo de la densidad de compactación mayor o igual a 0,85 Ton/m <sup>3</sup>	Mensual	X			
Monitoreo del área máxima descubierta	Diaria	X	X	X	X
Monitoreo geoelectrico para detectar zonas de acumulación de biogás o de lixiviados en la masa de residuos	Semestral			X	
Monitoreo geoelectrico para detectar zonas de acumulación de biogás o de lixiviados en la masa de residuos	Mensual				X
Monitoreo de caudales y concentración de biogás en chimenea	Semestral	X	X	X	

Monitoreo de caudales y concentración de biogás en chimenea	Mensual				X
Monitoreo geotécnico con topografía	Mensual	X	X	X	
Monitoreo geotécnico con topografía	Semanal				X
Monitoreo geotécnico con inclinómetros o extensómetros	Bimestral		X		
Monitoreo geotécnico con inclinómetros o extensómetros	Mensual			X	
Monitoreo geotécnico con inclinómetros o extensómetros	Semanal				X
Monitoreo de la vida útil remanente	Semestral	X	X		
Monitoreo de la vida útil remanente	Mensual			X	X
Monitoreo del caudal y calidad de las aguas lluvias y de escorrentía	Semestral	X	X		
Monitoreo del caudal y calidad de las aguas lluvias y de escorrentía	Mensual			X	X
Monitoreo de aguas subterráneas con piezómetros	Mensual	X	X	X	X
Monitoreo de presencia y calidad de aguas subterráneas	Mensual			X	X
Monitoreo de presencia y calidad de aguas subterráneas	Semestral	X	X		
Monitoreo del caudal y calidad del lixiviado	Semestral	X	X		
Monitoreo del caudal y calidad del lixiviado	Bimestral			X	
Monitoreo del caudal y calidad del lixiviado	Mensual				X

Nota. Recuperado de Resolución 938, 2019, MINISTERIO DE VIVIENDA, p.4.

• **Artículo 5. Reglamento operativo.**

Manual de operación: Deberá contener como mínimo los siguientes aspectos:

1. Recurso humano, organigrama con funciones y responsabilidades.
2. Horarios de operación con base en secuencia de llegada de los vehículos recolectores, tráfico de la zona, procedimientos operativos, condiciones climatológicas.
3. Prohibiciones en el ingreso de residuos al relleno.
4. Procesos y procedimientos de operación.
5. Señalización.
6. Secuencia de llenado.

7. Densidad de compactación.
8. Procedimientos de monitoreo e instrumentación.
9. Maquinaria a utilizar en el frente de operación (Número de vehículos disponiendo de manera simultánea en el frente de operación).
10. Tipo de cobertura diaria y final, descripción de procedimientos de instalación y mantenimiento.
11. Descripción del sistema de tratamiento de lixiviados.
12. Descripción del sistema de captura, conducción y extracción de biogás.
13. Descripción del Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.
14. Descripción de Plan de Emergencia y Contingencia para el manejo de desastres y emergencias asociadas al servicio público de aseo según la Resolución 154 de 2014 o aquella que la modifique, sustituya o derogue.

## **6.2 Actualización del manual de operación de la planta de lixiviados.**

- **Curva de calibración**

Se estandarizó una curva de calibración para entregarle al operario una tabla de caudales como apoyo, que al medir las diferentes alturas de la lámina de agua el operador vaya a la tabla y reporte el caudal que está entrando a la planta en el momento de la medición.

TABLA DE CAUDALES PARA EL VERTEDERO TRIANGULAR PARA LAS DIFERENTES ALTURAS DE LA LÁMINA DE AGUA (PLANTA DE LIXIVIADOS)

Carga (cm)	Q (L/s)	Carga (cm)	Q (l/s)	Carga (cm)	Q (l/s)
7.55	0.000575876	9.7	0.478377534	11.9	0.918568827
7.6	0.000731758	9.75	0.488381882	11.95	0.928573175
7.65	0.000928377	9.8	0.498386229	12	0.938577522
7.7	0.001176002	9.85	0.508390577	12.05	0.94858187
7.75	0.001487396	9.9	0.518394924	12.1	0.958586217
7.8	0.001878408	9.95	0.528399272	12.15	0.968590565
7.85	0.002368669	10	0.53840362	12.2	0.978594913
7.9	0.002962497	10.05	0.548407967	12.25	0.98859926
7.95	0.003749636	10.1	0.558412315	12.3	0.998603608
8	0.004709092	10.15	0.568416662	12.35	1.008607955
8.05	0.005902899	10.2	0.57842101	12.4	1.018612303
8.1	0.00739004	10.25	0.588425357	12.45	1.02861665
8.15	0.009239388	10.3	0.598429705	12.5	1.038620998
8.2	0.011535758	10.35	0.608434053	12.55	1.048625346
8.25	0.014383453	10.4	0.6184384	12.6	1.058629693
8.3	0.017910232	10.45	0.628442748	12.65	1.068634041
8.35	0.022272412	10.5	0.638447095	12.7	1.078638388
8.4	0.027661016	10.55	0.648451443	12.75	1.088642736
8.45	0.034309196	10.6	0.65845579	12.8	1.098647083
8.5	0.042501188	10.7	0.678460136	12.85	1.108651431
8.55	0.052583102	10.75	0.688464483	12.9	1.118655779
8.6	0.064975898	10.8	0.6984731181	12.95	1.128660126
8.65	0.080190992	10.85	0.708477528	13	1.138664474
8.7	0.09884899	10.9	0.718481876	13.05	1.148668821
8.75	0.121702155	10.95	0.728486223	13.1	1.158673169
8.8	0.149661337	11	0.738490571	13.15	1.168677516
8.85	0.183828195	11.05	0.748494918	13.2	1.178681864
8.9	0.225533734	11.1	0.758499266	13.25	1.188686212
8.95	0.276384333	11.15	0.768503614	13.3	1.198690559
9	0.338316668	11.2	0.778507961	13.35	1.208694907
9.05	0.348321016	11.25	0.788512309	13.4	1.218699254
9.1	0.358325363	11.3	0.798516656	13.45	1.228703602
9.15	0.368329711	11.35	0.808521004	13.5	1.238707949
9.2	0.378334058	11.4	0.818525351	13.55	1.248712297
9.25	0.388338406	11.45	0.828529699	13.6	1.258716645
9.3	0.398342754	11.5	0.838534047	13.65	1.268720992
9.35	0.408347101	11.55	0.848538394	13.7	1.27872534
9.4	0.418351449	11.6	0.858542742	13.75	1.288729687
9.45	0.428355796	11.65	0.868547089	13.8	1.298734035
9.5	0.438360144	11.7	0.878551437	13.85	1.308738382
9.55	0.448364491	11.75	0.888555784	13.9	1.31874273
9.6	0.458368839	11.8	0.898560132	13.95	1.328747078
9.65	0.468373187	11.85	0.90856448	14	1.338751425

Ecuación de la canaleta

$$Q = 3.04089E+34 \cdot h^{16.281}$$

- **Elaboración de los anexos**

Se hicieron los anexos necesarios para la optimización de los mantenimientos realizados en la planta de lixiviados, con el objetivo de llevar un control y tener soportes de todas las actividades desarrolladas en la planta. A continuación, se nombran algunos de ellos:

Anexo 1: Formato control de operación de los lodos

Anexo 2: Formato control de remoción de natas, arenas y sólidos gruesos

Anexo 3: Formato frecuencia de los mantenimientos

Anexo 4: Formato inspección del reactor

Anexo 5: Formato registro de caudal planta lixiviados

#### Anexo 6: Formato tabla de caudales

Y finalmente, se entrega una lista de recomendaciones para el proceso de optimización de la planta de tratamiento de lixiviados.

- **Socialización de los manuales de operación.**

Se realizó la reunión presencial con la directora de aseo y el supervisor del Relleno Sanitario en las instalaciones de la empresa en Marinilla, con el fin de mostrar detalladamente los resultados obtenidos durante el desarrollo de la práctica, las modificaciones realizadas a los manuales y las recomendaciones para optimizar el funcionamiento de la planta de lixiviados.

#### 7. Conclusiones

- Actualmente la empresa de Servicios Públicos de San José de la Marinilla cuenta con unos manuales de operación actualizados, que cumplen con la normatividad vigente, estos manuales son una herramienta fundamental para un manejo integral de los residuos sólidos.
- Es necesario realizar los monitoreos en el Relleno Sanitario de acuerdo a su categorización y a la frecuencia establecida en la Resolución 938 de 2019 con el fin de dar cumplimiento a la norma.
- La planta de tratamiento de lixiviados no funciona adecuadamente debido al deterioro en su parte estructural y operativa. Por lo tanto, se debe reparar el tanque séptico con el fin de garantizar que el agua residual pase por todas las cámaras y lograr así la eficiencia esperada.

## Bibliografía

- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO AMBIENTAL. (2005). *Decreto 838*. Tomado de:  
[https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Decretos/dec\\_0838\\_230305.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemas/pdf/Normativa/Decretos/dec_0838_230305.pdf).
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. (2017). *Decreto 1784*. Tomado de:  
<https://dapre.presidencia.gov.co/normativa/normativa/DECRETO%201784%20DEL%2002%20DE%20NOVIEMBRE%20DE%202017.pdf>
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. (2019). Resolución 938. *Redjurista*. Tomado de:  
[https://www.redjurista.com/Documents/resolucion\\_938\\_de\\_2019\\_ministerio\\_de\\_vivienda,\\_ciudad\\_y\\_territorio.aspx#/](https://www.redjurista.com/Documents/resolucion_938_de_2019_ministerio_de_vivienda,_ciudad_y_territorio.aspx#/)
- MINISTERIO DE VIVIENDA, CIUDAD Y TERRITORIO. (2015). *Decreto 1077*. Tomado de: <http://recursos.ccb.org.co/ccb/pot/PC/files/HTML/DECRETO-1077-DE-2015.pdf>
- SUPERINTENDENCIA DE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS. (2017). *Informe nacional del aprovechamiento*. Tomado de:  
[https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/3.\\_informe\\_nacional\\_de\\_aprovechamiento\\_2017.pdf](https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/3._informe_nacional_de_aprovechamiento_2017.pdf)
- MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE. (2015). *Resolución 631*. Tomado de:  
[https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res\\_631\\_marz\\_2015.pdf](https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/d1-res_631_marz_2015.pdf)
- SANEAR (2006). Manual de operación relleno sanitario y granja ambiental los saltos. Medellín.
- COLLAZOS, Héctor. (2005) *Diseño y operación de rellenos sanitarios*. Tomado de:  
<https://www.ircwash.org/sites/default/files/343-93RE-12702.pdf>
- GEOSAI. (2017). *Todo lo que necesitas saber sobre el relleno sanitario*. Tomado de:  
<https://www.geosai.com/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-el-relleno-sanitario-2/>
- ESPA. (s.f.). Tomado de: <https://espamarinilla.gov.co/mision/>