

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO

ÁREA: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES

PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL



**“PROPUESTA DE DISEÑO, RELLENO SANITARIO, LOCALIDAD
BLANCA FLOR MUNICIPIO SAN LORENZO - PANDO”**

Tesis de Grado para optar al Título de Ingeniería Ambiental

Presentado por: Univ. Franklin Tuno Medina

Asesora: Lic. Benicia Becerra Baptista

COBIJA – PANDO – BOLIVIA

2016

UNIVERSIDAD AMAZÓNICA DE PANDO
ÁREA: CIENCIAS BIOLÓGICAS Y NATURALES
PROGRAMA: INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**“Propuesta de Diseño, Relleno Sanitario, Localidad
Blanca Flor Municipio San Lorenzo - Pando”**

HOJA DE APROBACIÓN

La presente tesis fue revisada y aprobada por los siguientes tribunales:

Nombre

Firma

Lic. Limberg Rosell Arteaga

Ing. Elisabeth Aguada Taborga

Asesor

Lic. Benicia Becerra Baptista

Tesista: Franklin Tuno Medina

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mis dos madres: Yenny Tuno y Lexy Sarabia, mis dos hermanitas, Licy Yamily, Lila Yanita y mi hijo Abdiel quienes han sido el impulso para continuar y llegar a culminar esta etapa de mis estudios.

AGRADECIMIENTOS

Deseo manifestar mis sinceros agradecimientos a:

- ❖ A Dios por darme sabiduría para culminar mis estudios en esta nueva etapa de mi vida.
- ❖ Mis Madres Yenny Tuno y Lexy Sarabia, por brindarme su apoyo moral e incondicional en todo momento de mi vida y culminar mis estudios superiores.
- ❖ Mi asesora por guiarme y orientarme en este trabajo de investigación (Tesis) y miembros del tribunal: por sus valiosas sugerencias en la revisión del trabajo.
- ❖ A la Directora del Área y Docentes del programa Ingeniería Ambiental por sus enseñanzas, durante mi formación profesional.
- ❖ A la Universidad Amazónica de Pando (U.A.P.), por cobijarme en sus aulas del saber durante mis años de estudios de formación superior.
- ❖ A mis familiares y amigos cercanos que me animaron a llevar adelante el presente trabajo de investigación.

RESUMEN

La presente investigación titulada “Propuesta de Diseño de Relleno Sanitario, Localidad Blanca Flor Municipio San Lorenzo, Pando realizada en los meses de agosto a octubre de 2015, tuvo como objetivo principal:

Elaborar una propuesta de diseño de un Relleno Sanitario para el manejo y disposición final de los residuos sólidos que contribuya a la reducción de los impactos negativos, degradación del medio ambiente y efectos nocivos a la salud, de la población Blanca Flor (*Municipio San Lorenzo provincia Madre de Dios*).

La investigación se realizó en la localidad de Blanca Flor, perteneciente al municipio San Lorenzo, provincia Madre de Dios, del departamento Pando, las coordenadas geográficas son: 11°39’45” de latitud sur y 69°45’17” longitud oeste. Los métodos empleados consistieron en la recolección de datos sobre la producción de residuos sólidos, para lo cual se emplearon encuestas, entrevistas y observación directa, a partir de los cuales se efectuaron las proyecciones a mediano y largo plazo, empleando técnicas estadísticas. Para el diseño del relleno sanitario se emplearon técnicas de revisión documental, en base a los cuales se detallaron las características técnicas del relleno. Los principales resultados indican que: para el año en el cual se realizó la investigación (2015) el volumen es de 299,7 m³. Considerando que el volumen incrementará paralelamente al crecimiento de la población se hizo la proyección para los siguientes años, estimándose volúmenes de 303,3 m³ para el año 2016 hasta alcanzar 337,7 m³ para el año 2025. Por las características de la comunidad (100% rural), para la gestión de residuos sólidos en la localidad Blanca Flor, se seleccionó el tipo de relleno sanitario manual. La capacidad máxima del relleno proyectado para los próximos 10 años es de 3.208,08 m³; Para lo cual se diseñó un relleno sanitario de 3 m de altura, 26 m de ancho en el fondo, 30 m en el ancho de la superficie externa y 38,2 m de largo.

Palabras claves: Diseño relleno sanitario, comunidad municipio rural.

SUMMARY

This research entitled "Proposed Landfill Design, Blanca Flor Municipality Location San Lorenzo, Pando held in the months of August to October 2015, had as its main objective:

Develop a proposal for design of a landfill for handling and disposal of solid waste that contributes to the reduction of negative impacts, environmental degradation and adverse health effects, population Blanca Flor (Municipio San Lorenzo province Mother of God).

The research was conducted in the town of Blanca Flor, in the municipality San Lorenzo, province Madre de Dios, Pando department, geographical coordinates are $11^{\circ} 39' 45''$ south latitude and $69^{\circ} 45' 17''$ west longitude. The methods used included the collection of data on the production of solid waste, for which surveys, interviews and direct observation were used, from which the projections were made in the medium and long term, using statistical techniques. For the design of the landfill techniques they were employed document review, based on which the technical characteristics of the landfill were detailed. The main results indicate that: the year in which the investigation (2015) was made the volume is 299.7 m³. Whereas the volume will increase parallel to population growth projection for the following years became, estimated volumes of 303.3 m³ by 2016 to reach 337.7 m³ 2025. For the characteristics of the community (100 % rural) for solid waste management in the town Blanca Flor, the type of manual landfill was selected. The maximum filling capacity projected for the next 10 years is 3208.08 m³; For which a landfill 3 m high, 26 m wide at the bottom, 30 m in width of the outer surface and 38.2 m long was designed.

Keywords: Design sanitary landfill, community rural municipality.

ÍNDICE GENERAL

	Pág
HOJA DE APROBACIÓN	I
DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
ÍNDICE GENERAL	VI
LISTA DE CUADROS	X
LISTA DE GRÁFICOS E IMAGEN	XI

1.	INTRODUCCION.....	1
2.	OBJETIVOS.....	3
2.1	Objetivo General.....	3
2.2	Objetivos Específicos.....	3
3.	HIPOTESIS.....	3
4.	REVISIÓN BIBLIOGRICA.....	4
4.1	Residuos Sólidos.....	4
4.1.2	Conceptos relativos a Residuos Sólidos.....	4
4.2	Residuos Sólidos en Bolivia.....	4
4.3	Responsabilidad del Manejo de Residuos Sólidos.....	5
4.4	Marco Legal.....	5
4.4.1	Normas Bolivianas NB 742.....	6
4.4.2	NB 760.....	6
4.5	Residuos Sólidos en Cobija.....	7

4.6	Generación de los Residuos Sólidos en Cobija.....	7
4.7	Producción de Residuos Sólidos.....	8
4.8	Clasificación de Residuos.....	8
4.9	Gestión de Residuos Sólidos.....	9
4.9.1	Gestión Negativa.....	10
4.9.2	Gestión Positiva.....	10
4.9.3	Efecto del Manejo Inadecuado de Residuos En la Salud de la Población.....	11
4.9.4	Riesgos Directos a la Salud de la Población.....	11
4.9.5	Riesgos Indirectos a la salud de la Población.....	12
4.9.6	Efectos del manejo inadecuado de Residuos en el Medio Ambiente.....	13
4.9.7	Riesgos para el desarrollo social.....	14
4.9.8	Riesgos para el desarrollo urbano.....	15
4.10	RELLENOS SANITARIOS.....	16
4.10.1	Relleno Sanitario Mecanizado.....	17
4.10.2	Relleno Sanitario Semimecanizado.....	17
4.10.3	Relleno Sanitario Manual.....	18
4.10.4	Planificación de un Relleno Sanitario Manual.....	18
4.10.5	Selección del Sitio.....	19
4.10.6	Aspectos Técnicos.....	19
5.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	25
5.1	Ubicación del área de estudio.....	25
5.2	Materiales.....	26
5.3	Descripción de Métodos y Técnicas Empleadas.....	26
5.3.1	Obtención de Información Básica.....	26
5.3.2	Cálculo del Volumen Necesario para el Relleno Sanitario.....	28
5.3.3	Volumen de Residuos Sólidos.....	28
5.3.4	Volumen del Material de Cobertura.....	29
5.3.5	Volumen del relleno sanitario.....	29

5.3.6	Cálculo del Área Requerida.....	39
5.3.7	Cálculo de la Vida Útil.....	30
5.3.8	Diseño del canal interceptor aguas de escorrentía.....	31
5.3.9	Monitoreo de la Calidad del Agua.....	31
5.3.10	Cálculo de la Celda Diaria.....	32
5.4	Instrumento de Recolección de Datos.....	33
6.	RESULTADOS.....	35
6.1	Producción de Residuos Sólidos.....	35
6.2	Determinación del Volumen de Residuos Sólidos.....	37
6.3	Cálculo, Tamaño del Relleno Sanitario.....	40
6.4	Construcción del Relleno Sanitario.....	41
6.4.1	Preparación del terreno.....	41
6.4.2	Tratamiento del Suelo de Soporte.....	41
6.4.3	Infraestructura Periférica.....	42
6.5	Infraestructura del Relleno.....	43
6.5.1	Drenaje y Manejo del Lixiviado.....	43
6.5.2	Tratamiento del Lixiviado.....	44
6.5.3	Drenaje de Gases.....	44
6.5.4	Caminos y Drenaje Pluvial Internos.....	45
6.5.5	Cerco Perimetral.....	46
6.5.6	Área de Amortiguamiento y Protección.....	46
6.5.7	Caseta de Control.....	46
6.5.8	Instalaciones Sanitarias.....	47
6.5.9	Patio de Maniobras.....	47
6.6	Método Constructivo.....	47
6.6.1	Construcción de Terraplenes.....	48
6.6.2	Construcción de las Celdas.....	48
6.6.3	Dimensiones.....	48
6.6.4	Cobertura de la Celda.....	49

6.6.5	Compactación.....	50
6.7	Presupuesto Tentativo del Relleno Sanitarios.....	50
6.8	Beneficios.....	52
6.8.1	Beneficios Económicos.....	52
6.8.2	Beneficios Sociales.....	52
6.8.3	Beneficios Ambientales.....	52
7.	DISCUSIÓN.....	53
7.1	Producción de Residuos.....	53
7.2	Composición de Residuos.....	53
7.3	Selección del Tipo de Relleno.....	55
7.3.1	Relleno Sanitario Manual.....	55
7.4	Características Técnicas del Relleno.....	56
8.	CONCLUSIONES.....	57
9.	RECOMENDACIONES.....	58
10	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
11	ANEXOS	

LISTA DE CUADROS

N° Título	Pág.
1. Riesgos Indirectos del Manejo Inadecuado de los Residuos Sólidos.....	13
2. Formulario de cuantificación de residuos sólidos.....	33
3. Cronograma de recojo, residuos sólidos Localidad Blanca Flor.....	34
4. Producción de residuos sólidos en g/día-familia.....	35
5. Promedios de producción de residuos por día (kg).....	36
6. Determinación del volumen de residuos para el relleno.....	38
7. Determinación del volumen de residuos para los próximos diez años.....	39
8. Largo del relleno para celdas anuales.....	40

LISTA DE FIGURAS, GRÁFICOS E IMAGEN

N° Título	Pág.
1. Figura. Plano Urbano, localidad Blanca Flor.....	20
2. Figura. Ubicación del Área de Estudio.....	25
3. Figura. Ruta de acceso y recojo de residuos sólidos, Blanca Flor.....	34
1. Gráfico. Producción de residuos sólidos por día.....	36
2. Gráfico. Composición de los residuos sólidos.....	37
1. Imagen. Situación actual de los residuos sólidos, Blanca Flor.....	21

1. INTRODUCCIÓN

Los residuos sólidos en Bolivia, presenta dificultades en los diversos componentes, particularmente en lo referido al ambiental y técnico de los sitios de disposición final. De acuerdo al Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos en Bolivia más del 90% de los municipios cuentan con botaderos a cielo abierto, situación que genera un riesgo permanente a la salud y al medio ambiente.

Debido a la disposición inadecuada de los residuos sólidos, el factor agua es el que presenta impactos de mayor magnitud, considerando que este recurso es utilizado para consumo humano, riego y otras actividades productivas. De la misma forma, las aguas subterráneas y suelos se ven afectados particularmente por la falta de medidas de impermeabilización ocasionando la permanente infiltración de lixiviados.

Otros de los factores ambientales, impactados es el aire, debido a la falta de recubrimiento con material de cobertura y la emisión de gases contaminantes (VAPSB/DGGIRS, 2010).

El manejo inadecuado de los residuos sólidos puede generar significativos impactos negativos para la salud humana. Los residuos son una fuente de transmisión de enfermedades, ya sea por vía hídrica o por alimentos contaminados por otros vectores. Si bien algunas enfermedades no pueden ser atribuidas a la exposición de los seres humanos a los residuos sólidos, el inadecuado manejo de los mismos crea condiciones para contraer dichas enfermedades. (Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico Bolivia).

El problema de los RSM está presente en la mayoría de las ciudades y pequeñas poblaciones por su inadecuada gestión y tiende a agravarse en determinadas regiones como consecuencia de múltiples factores, entre ellos, el acelerado crecimiento de la población y su concentración en áreas urbanas, el desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo, el uso generalizado de envases, empaques y materiales desechables, que aumentan considerablemente la cantidad de residuos.

Este panorama se agrava debido a la crisis económica y a la debilidad institucional que obligan a reducir el gasto público y a mantener tarifas bajas. Además la poca educación sanitaria y la escasa participación ciudadana generan una gran resistencia al momento de pagar los costos que implican el manejo y la disposición de residuos, por ende la calidad del servicio de aseo urbano, lo que constituye otra de las causas que agravan el problema. Todo ello compromete la salud pública, aumenta la contaminación de los recursos naturales, el ambiente de nuestro territorio y deteriora la calidad de vida de la población. En tal sentido, se manifiesta la necesidad de buscar soluciones adecuadas para su manejo y disposición final (Escaminosa. 2001).

En la actualidad, la localidad de Blanca Flor no cuenta con un botadero donde se depositen los residuos sólidos, estos son quemados. Como resultado de esta práctica los gases resultantes de la combustión incompleta son emitidos a la atmósfera y el lixiviado generado por los residuos llega a cuerpos de agua superficial y subterráneos, ambos aspectos ambientales representan un importante riesgo a la salud humana y medio ambiente.

Por lo mencionado anteriormente la presente investigación se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Qué características debe tener un relleno sanitario para el manejo y disposición final de residuos sólidos, en la localidad de Blanca Flor, municipio San Lorenzo?

En consecuencia, el objetivo general de la presente investigación fue: Elaborar una propuesta de diseño de un Relleno Sanitario para el manejo y disposición final de los residuos sólidos, en la localidad Blanca Flor (Municipio de San Lorenzo, provincia Madre de Dios)".

2. OBJETIVOS.

2.1 Objetivo General.

- Elaborar una propuesta de diseño de un Relleno Sanitario para el manejo y disposición final de los residuos sólidos que contribuya a la reducción de los impactos negativos, degradación del medio ambiente y efectos nocivos a la salud, en la localidad de Blanca Flor (*Municipio San Lorenzo provincia Madre de Dios*).

2.2 Objetivos Específicos.

- Determinar los volúmenes de residuos sólidos que se genera actualmente y su proyección a mediano plazo.
- Determinar el método de relleno sanitario más óptimo a proponerse para la comunidad.
- Diagnosticar la posible área de emplazamiento del relleno sanitario según Normas Bolivianas.

3. Hipótesis

Con la propuesta de diseño del relleno sanitario a implementarse por las autoridades municipales se reducirán los impactos ambientales negativos (agua superficial, suelo y aire), por ende los problemas que afectan a la salud de la población, *Blanca Flor*.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

4.1 RESIDUOS SÓLIDOS

4.1.2 Conceptos relativos a residuos

El concepto de “residuo” es muy amplio: existen excretas humanas; las de otros animales, especialmente en el campo de la ganadería donde ha tomado carácter de explotación industrial; los residuos domésticos de las grandes, medianas y pequeñas poblaciones; los residuos de los fertilizantes utilizados para mejorar la productividad agrícola; los residuos de los biosidas que controlan la acción de los organismos que atacan la agricultura y en general todas las actividades del hombre, incluyendo la guerra, que llega a envenenar el suelo y el aire, dejando artefactos explosivos, verdaderos residuos de guerra, que causan daños a la humanidad durante mucho tiempo (Benavidez 2007).

La palabra “residuo” en sí no es suficiente clara; si se consulta el diccionario, se observa su definición como “la parte que queda de un todo, lo que queda de la descomposición o destrucción de una cosa” (Zabala, 1997).

El suelo, el agua y el aire son los grandes receptores de los residuos causados no solamente por la actividad del hombre, sino también por la de los demás animales y la naturaleza (Rivera, J. 2012).

4.2 Residuos sólidos en Bolivia

La gestión de residuos sólidos en Bolivia, presenta dificultades en los diversos componentes, particularmente en lo referido al ambiental y técnico de los sitios de disposición final. De acuerdo al Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos en

Bolivia, más del 90% de los municipios cuentan con botaderos a cielo abierto, situación que genera un riesgo permanente a la salud y al medio ambiente (VAPSB/DGGIRS, 2010)

Debido a la disposición inadecuada de los residuos sólidos, el factor agua es el que presenta impactos de mayor magnitud, considerando que este recurso es utilizado para consumo humano, riego y otras actividades productivas. De la misma forma, las aguas subterráneas y suelos se ven afectados particularmente por la falta de medidas de impermeabilización ocasionando la permanente infiltración de lixiviados.

Otros de los factores ambientales, impactados es el aire, debido a la falta de recubrimiento con material de cobertura y la emisión de gases contaminantes.

A continuación, se describen los efectos generados por el manejo inadecuado de los residuos sólidos y la situación actual de la gestión de residuos sólidos en Bolivia.

4.3. Responsabilidad del Manejo de Residuos Sólidos

El manejo de los residuos sólidos es responsabilidad de todos, puesto que involucra espacios de participación de los diferentes actores de la sociedad es decir de la población como sujeto generador; de las autoridades locales, departamentales y nacionales como entes normadores, de establecimiento de políticas, gestión de recursos de control, operación de los servicios entre otros; de las instituciones productivas y de servicios en el marco de la responsabilidad extendida y de los operadores del servicio de aseo de manera que aseguren el adecuado manejo de los residuos sólidos hasta su disposición final.

4.4. Marco Legal

Como instrumento normativo, se cuenta con el Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos (aprobado mediante Decreto Supremo N° 24176, del 8 de diciembre 1995), de la

Ley de Medio Ambiente N° 1333, que tiene por objeto “establecer el régimen jurídico para la ordenación y vigilancia de la gestión de los residuos sólidos, fomentando el aprovechamiento de los mismos mediante la adecuada recuperación de los recursos en ellos contenidos”. Particularmente en el capítulo IX “De la Disposición Final de Residuos Sólidos” se hace una descripción referente al tipo de relleno, método de operación, las obras de diseño, las instalaciones y equipamiento, las condiciones para su funcionamiento, los requisitos ambientales para funcionamiento, cierre y monitoreo.

4.4.1. Las Normas Bolivianas NB 742

El Instituto Boliviano de Normalización de Control y Calidad, aprobadas mediante Resolución Secretarial, N° 383 del (28 de noviembre de 1996) del Ministerio de Desarrollo Humano, tiene como objetivo “regular, ordenar el diseño y consecuentemente la planificación del manejo de los residuos sólidos, mejorando las condiciones del medio ambiente y por ende el bienestar y salud del pueblo boliviano”.

4.4.2 NB 760

“Requisitos para el diseño, construcción, operación y monitoreo de un relleno sanitario”, que tiene por objeto “proteger el medio ambiente y la salud, estableciendo los requisitos a los que deberán ajustarse el diseño, construcción, operación y monitoreo de un relleno sanitario” (Vice ministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos).

El buen manejo de los residuos sólidos es responsabilidad de todos. Sin embargo, por las leyes establecidas en nuestro País (Ley 1333, Reglamento de Gestión de Residuos Sólidos, Ley de Autonomías y la Ley No. 482 de Gobiernos Autónomos Municipales), una vez que los residuos sólidos son descartados por el generador, pasan a ser responsabilidad de los gobiernos municipales. La responsabilidad de los gobiernos de

municipios es de organizar y manejar el sistema de aseo público, incluida la provisión de infraestructura para el servicio desde la recolección hasta la disposición final de los residuos sólidos. A pesar de esta responsabilidad, los gobiernos municipales suelen carecer tanto de recursos financieros como de personal técnico capacitado en técnicas del manejo de los residuos sólidos, lo que les impide tomar decisiones acertadas para desarrollar mejores sistemas de disposición final. (MMAyA).

4.5. Residuos Sólidos en Cobija

Todos los elementos del sistema de manejo de residuos recolección, barrido, transporte, tratamiento y disposición final se dan en la Ciudad de Cobija.

Desafortunadamente, no todo el sistema de manejo se está efectuando eficientemente, lo cual repercute en los costos y calidad del servicio de limpieza. Quizás el problema mayúsculo se presente en el componente de disposición final de los residuos sólidos, para lo cual se emplea un botadero a cielo abierto.

De acuerdo con lo observado durante las visitas de campo, en Cobija no existe una separación de residuos desde el hogar, su presentación no es la más adecuada, la cobertura de recojo no llega al 100%, no existe tratamiento de residuos y la disposición total de residuos se realiza en botaderos, como se indicó anteriormente.

La actividad de segregación está presente. También existe una actividad informal de recuperación de residuos en condiciones insalubres y con serio deterioro de la calidad de vida de la gente que participa en esa actividad.

Para tener una idea de lo que está sucediendo en cada componente del sistema de manejo de residuos, a continuación se describe detalladamente cada uno de ellos. (Aseo urbano cobija).

4.6. Generación de los residuos sólidos en Cobija

El valor de la generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios es un dato técnico de importancia para diseñar y mejorar la operatividad del sistema de gestión de residuos sólidos.

La disposición final es la última etapa operacional del servicio de limpieza pública, la cual tradicionalmente se ha venido trabajando por el método de relleno sanitario. En la ciudad de Cobija, no existe un lugar de disposición adecuada de residuos mediante el método de Relleno Sanitario. Debido a ello, todos los residuos recolectados son depositados en el botadero a cielo abierto, con el consiguiente impacto negativo al ambiente y afectando a la población aledaña y a los segregadores que están expuestos a contraer todo tipo de enfermedades (fuente: municipio de Cobija Aseo urbano).

En los últimos tiempos, la propia ciudadanía ha exigido a las autoridades que se preocupen de dar solución al problema de los desechos sólidos, el mismo que se transforma en un problema social y ambiental sobre todo en aquellos sectores donde, de alguna manera se ven afectados por las actividades del servicio de aseo.

La existencia del botadero a cielo abierto en la Ciudad de Cobija refleja el grado de contaminación existente en la zona. Hay cauces de agua pluvial muy próximos al relleno, los que podrían derivar al arroyo más próximo con el consiguiente riesgo latente de contaminación. Así mismo se observa la quema de residuos sólidos que alteran la calidad del aire. (*Aseo urbano Cobija*).

4.7. Producción de residuos sólidos

El primer problema que se presenta en cuanto a residuos sólidos, es conocer la cantidad de residuos y de qué tipo se produce, el conocimiento de esta información permite establecer, cuáles deben ser los equipos de recolección, el personal, las rutas, la frecuencia de recolección, el establecimiento de tarifas y la disposición final (Alegre et al 1998).

En los residuos de tipo domiciliario, debido a su gran magnitud es preciso definir la cantidad, para efectos del manejo y administración de los residuos. Por lo tanto, es importante relacionar la cantidad de residuos producidos, de aquí surge el concepto de producción por habitante, por vivienda, por manzana.

Estudios demuestran que es más aconsejable tomar como unidad de muestreo kilogramos/habitante/día. Esta afirmación puede comprobarse consultando los informes demográficos suministrados por el Instituto Nacional de Estadística (*INE*).

4.8. Clasificación de residuos

No existe una norma definida sobre la clasificación física de los residuos sólidos, normalmente se adopta la composición física por porcentaje en peso. La técnica estadística utilizada en un muestreo para la caracterización física de residuos puede ser la indicada para el muestreo de proporciones (Vargas (2012)).

Una clasificación física de los desechos sólidos podría ser considerada en los siguientes puntos:

Desechos de alimentos

Papel

Cartón

Plásticos

Textiles

Caucho

Madera

Vidrio

Metales ferrosos

Metales no ferrosos

Otros

4.9. Gestión de Residuos Sólidos

La gestión de los residuos, recogida, transporte, tratamiento, reciclado y eliminación de los materiales de desecho.

El término generalmente se refiere a los materiales producidos por la actividad humana y en general para reducir sus efectos sobre la salud y el medio ambiente. La gestión de los residuos es también llevada a cabo para recuperar los propios recursos de dichos residuos. La gestión de los residuos puede implicar tanto estados sólidos, líquidos, gases o sustancias radiactivas, con diferentes métodos y técnicas especializadas para cada uno (Jaramillo 2002).

4.9.1. Gestión negativa

- a) **Enfermedades provocadas por vectores sanitarios:** Existen varios vectores sanitarios de gran importancia epidemiológica cuya aparición y permanencia pueden estar relacionados en forma directa con la ejecución inadecuada de alguna de las etapas en el manejo de los residuos sólidos.
- b) **Contaminación de aguas:** La disposición no apropiada de residuos puede provocar la contaminación de los cursos superficiales y subterráneos de agua, además de contaminar la población que habita en estos medios.
- c) **Contaminación atmosférica:** El material particulado, el ruido y el olor representan las principales causas de contaminación atmosférica
- d) **Contaminación de suelos:** Los suelos pueden ser alterados en su estructura debida a la acción de los líquidos percolados dejándolos inutilizada por largos periodos de tiempo

- e) **Problemas paisajísticos y riesgo:** La acumulación en lugares no aptos de residuos trae consigo un impacto paisajístico negativo, además de tener en algún caso asociado un importante riesgo ambiental, pudiéndose producir accidentes, tales como explosiones o derrumbes.
- f) **Salud mental:** Existen numerosos estudios que confirman el deterioro anímico y mental de las personas directamente afectadas (Jaramillo 2002).

4.9.2. Gestión positiva

- a) **Conservación de recursos:** El manejo apropiado de las materias primas, la minimización de residuos, las políticas de reciclaje y el manejo apropiado de residuos traen como uno de sus beneficios principales la conservación y en algunos casos la recuperación de los recursos naturales. Por ejemplo puede recuperarse el material orgánico a través del compostaje.
- b) **Reciclaje:** Un beneficio directo de una buena gestión lo constituye la recuperación de recursos a través del reciclaje o reutilización de residuos que pueden ser convertidos en materia prima o ser utilizados nuevamente.
- c) **Recuperación de áreas:** Otros de los beneficios de disponer los residuos en forma apropiada un relleno sanitario es la opción de recuperar áreas de escaso valor y convertirlas en parques y áreas de esparcimiento, acompañado de una posibilidad real de obtención de beneficios energéticos como el biogás (Jaramillo 2002).

4.9.3. Efecto del manejo inadecuado de residuos en la salud de la Población

El manejo inadecuado de los residuos sólidos tiene un impacto negativo en la salud de la población, en los ecosistemas y en la calidad de vida. Los impactos directos sobre la salud afectan principalmente a los recolectores y segregadores formales e informales, así

mismo los impactos indirectos afectan a la salud de toda la población (MMAA-VMAPSB, 2010).

Algunos impactos indirectos se deben a que los residuos en sí y los estancamientos que causan cuando se acumulan en zanjas y en drenajes, se transforman en reservorios de insectos, roedores y otros vectores. Estos vectores son causantes de diversas enfermedades como el dengue, el parasitismo y las infecciones de la piel. Además, la quema de residuos a cielo abierto, en el campo y en los botaderos aumenta los factores de riesgo de las enfermedades relacionadas con las vías respiratorias, incluido el cáncer y deterioran el valor estético de los lugares y de los paisajes. Los impactos al ambiente son la contaminación de los recursos hídricos tanto superficiales y subterráneos, del aire, del suelo, de los diferentes ecosistemas y el deterioro del paisaje. Para comprender con mayor claridad los efectos del manejo inadecuado de los residuos sólidos en la salud de las personas, es necesario distinguir entre los riesgos directos y los riesgos indirectos.

4.9.4. Riesgos Directos a la Salud de la Población.

Estos riesgos son ocasionados por el contacto directo con los residuos, que a veces contiene excrementos humanos y de animales; las personas más expuestas son los recolectores del servicio de aseo, debido a la manipulación de recipientes inadecuados para el almacenamiento de los desechos, al uso de equipos inapropiados y por carecer de ropa limpia, guantes y zapatos de seguridad. En peores condiciones se encuentran los segregadores, cuya actividad de separación y selección de materiales es realizada en las peores condiciones y sin la más mínima protección. Además, experimentan tasas más altas de lesiones que los recolectores de la Empresa de Aseo; estas lesiones se presentan en las manos y en los pies, así como también lastimaduras en la espalda, hernias, heridas, enfermedades respiratorias y en la piel, entre otras (MMAA-VMAPSB, 2010).

4.9.5. Riesgos Indirectos a la salud de la Población.

El riesgo indirecto más importante se refiere a la proliferación de animales, portadores de microorganismos que transmiten enfermedades a toda la población, conocidos como vectores. Estos vectores son, entre otros, moscas, mosquitos, ratas y cucarachas que además de alimento, encuentran en los residuos sólidos un ambiente favorable para su reproducción, lo que se convierte en un caldo de cultivo para la transmisión de enfermedades, desde simples diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otras dolencias de mayor gravedad. Ejemplos de este tipo de vectores se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Riesgos Indirectos del Manejo Inadecuado de los Residuos Sólidos

VECTOR	FORMAS DE TRANSMISIÓN	PRINCIPALES ENFERMEDADES
Ratas	Mordiscos, orín y heces Pulgas	Peste bubónica Tifus Leptospirosis
Moscas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea Salmonelosis Cólera Amebiasis
Mosquitos	Picadura del mosquito	Malaria Leishmaniosis Fiebre amarilla Dengue
Cucarachas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea Cólera Giardiasis
Cerdos	Ingestión de carne contaminada	Cisticercosis Toxoplasmosis Triquinosis Teniasis

Fuente: MMAA-VAPSB (2010).

4.9.6. Efectos del manejo inadecuado de Residuos en el Medio Ambiente.

- a) **Contaminación del Agua:** La descarga de residuos en corrientes de aguas superficiales, incrementa la carga orgánica y disminuye el oxígeno disuelto; aumenta los nutrientes y algas que dan lugar a la eutrofización en los lagos y lagunas que son alimentadas por estas aguas superficiales; causando la muerte de peces; genera malos olores y deteriora su aspecto estético, así mismo se produce contaminación en las aguas subterráneas por los líquidos percolados (lixiviados) de los botaderos a cielo abierto (Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico 2010).
- b) **Contaminación del Aire:** En los botaderos a cielo abierto es evidente el impacto negativo causado por los desechos, debido a los incendios y humos que reducen la visibilidad y son causa de irritaciones nasales y de la vista, así como de incremento en las afecciones pulmonares, además de las molestias originadas por los malos olores, generación de moscas y mosquitos (Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico 2010).
- c) **contaminación del Suelo:** Deterioro estético y desvalorización tanto del terreno como de las áreas vecinas, por el abandono y acumulación de los desechos sólidos a cielo abierto. Por otro lado, se contamina el suelo debido a las distintas sustancias depositadas allí, sin ningún control (Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico 2010).

4.9.7. Riesgos para el desarrollo social

Existen riesgos sanitarios cuando se manejan residuos domésticos mezclados con los peligrosos, lo que ocurre en la mayoría de las ciudades de la Región, pues no hay recolección selectiva de residuos peligrosos, salvo en pocas ciudades donde los desechos de origen hospitalario se recogen de forma separada.

El grupo de población que se dedica a la recuperación de elementos en los sitios de disposición final demanda una mayor atención y esfuerzo del Estado para el mejoramiento de sus condiciones de vida, porque, además de los riesgos sanitarios

directos a los cuales está expuesto, puede incidir en las condiciones de salud de la población que se encuentra a su alrededor.

En los sectores de altos ingresos, el manejo de los residuos domiciliarios no pasa de respetar los horarios de la empresa de aseo y de exigir la limpieza de las zonas aledañas a la vivienda.

Las actitudes humanas, familiares, profesionales, institucionales y las relaciones entre los diferentes actores del sector están profundamente marcadas por la cultura, los valores y las percepciones existentes entre los distintos componentes de las sociedades urbanas y semi-rurales de la Región. De esta manera, cualquier propuesta de orden técnico u operativo deberá incluir la dimensión social y cultural del contexto en el cual se pretenda aplicar (MMAyA 2010).

4.9.8. Riesgos para el desarrollo urbano

Las autoridades se quejan habitualmente de la falta de disciplina social y cívica de la población y, por su parte, esta se queja de la incapacidad de las instituciones públicas para cumplir su papel. El primer reclamo de los sectores populares se refiere a la cobertura. Los indicadores de cobertura son engañosos porque representan el número de usuarios que contribuye con una tarifa y no se refieren a la calidad del servicio. De esta manera, muchos pagan pero no reciben el servicio, y otros sencillamente ni lo pagan ni lo reciben por encontrarse su vecindario en una situación de ilegalidad en relación con las tierras o los servicios públicos.

Esta situación debe apreciarse como parte de la carencia de políticas urbanas, reflejadas en el evidente agravamiento de las condiciones habitacionales durante los últimos años.

Es común que los botaderos a cielo abierto se sitúen en las áreas donde vive la población económicamente más pobre, lo que aumenta el grado de deterioro de todas las condiciones y, en consecuencia, devalúa las propiedades, lo que constituye un obstáculo para el desarrollo urbano de la Localidad.

Conviene advertir que uno de los criterios técnicos de selección del sitio para instalar un relleno sanitario es el de estar ubicado en lugares que tengan poco valor para el sector productivo o la urbanización y que reúnan condiciones para recibir residuos sin generar grandes impactos ambientales. Los terrenos en estos lugares suelen tener un costo reducido y pueden ser adquiridos por personas de bajos recursos.

En este sentido, nos encontramos ante un círculo vicioso, dado que aun cuando el relleno sanitario se construya primero, no tardarán en aparecer en los alrededores las viviendas de las personas más pobres. Es más, algunas veces las mismas autoridades locales expiden licencias de construcción de viviendas sin respetar los retiros recomendados, según el caso, por lo que más tarde sus habitantes pueden entrar en conflicto con la obra (MMAyA, 2010).

4.10. RELLENOS SANITARIOS (Tipos)

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Medina, 2008).

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control.

Desde el punto de vista técnico como económico, el Relleno Sanitario es la técnica que mejor se adapta a la región para disponer de manera sanitaria los desechos sólidos en el suelo, que no causa molestia ni peligro para la salud y seguridad pública; tampoco

perjudica el ambiente durante su operación ni después de terminado el mismo. Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar los residuos en un área lo más pequeña posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos en el Relleno, por efecto de la descomposición de la materia orgánica. El relleno sanitario puede tener la posibilidad de recuperar terrenos alterados por la naturaleza, como los erosionados o los alterados por el hombre (Meza, 2001).

En relación con la disposición final de RSM, se podría proponer tres tipos de rellenos sanitarios, (MMAyA).

4.10.1. Relleno sanitario mecanizado

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones que generan más de 40 toneladas diarias. Por sus exigencias es un proyecto de ingeniería bastante complejo, que va más allá de operar con equipo pesado. Esto último está relacionado con la cantidad y el tipo de residuos, la planificación, la selección del sitio, la extensión del terreno, el diseño y la ejecución del relleno, y la infraestructura requerida, tanto para recibir los residuos como para el control de las operaciones, el monto y manejo de las inversiones, los gastos de operación y mantenimiento.

Para operar este tipo de relleno sanitario se requiere del uso de un compactador de residuos sólidos, así como equipo especializado para el movimiento de tierra: tractor de oruga, retroexcavadora, cargador, volqueta, etc.

4.10.2. Relleno sanitario semimecanizado

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de residuos sólidos en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como

apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de residuos, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con cuchilla y con un rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar semimecanizado (Meza 2001).

4.10.3. Relleno sanitario manual

Es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen menos de 15t/día, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento. El término manual se refiere a que la operación de compactación y confinamiento de los residuos puede ser ejecutada con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas (Meza, 2001).

4.10.4. Planificación de un relleno sanitario manual

Un relleno sanitario manual, aunque sea una obra pequeña, no deja de ser un proyecto de ingeniería, en el que gran parte de los problemas futuros se previenen con una buena planificación que va desde la concepción y diseño de la obra hasta su construcción, operación y clausura (Landin y Rodríguez, 1994).

La planificación inicial sentará las bases para las diferentes actividades que se deberán cumplir. Esta fase consiste en la evaluación de criterios para la selección del sitio y de las diversas alternativas de terrenos para su localización, diseño, construcción, operación, mantenimiento y monitoreo. La planificación, además, permite contar con la información básica sobre la población beneficiada; la procedencia, cantidad y calidad de RSM; el uso futuro del terreno una vez clausurado el relleno sanitario; los recursos para su financiamiento y la asesoría de un profesional competente.

La planificación debe incluir un programa de información al público que explique cuáles son las ventajas y desventajas de la implantación de un relleno sanitario y la importancia de la clausura del relleno. El apoyo del público es una de las metas que debe procurar cualquier administración local que esté interesada en construir esta obra de saneamiento básico, puesto que sin este respaldo es muy probable que ella no pueda llevarse a la práctica o que su operación y mantenimiento sean deficientes (Bandín y Rodríguez 1994).

Tanto la administración como la comunidad en general deben tener presente que un relleno sanitario manual, como cualquier obra de saneamiento básico, requiere recursos para su financiación en lo que concierne a los estudios para la selección del sitio, el diseño, la construcción y la fase inicial de operación. Igualmente, durante todo el tiempo de su vida útil, la administración municipal, o quien opere el sistema, debe incluir en el presupuesto un rubro para la operación y mantenimiento del relleno (Gerard, 1999).

Es fundamental que la población sea consciente de los beneficios que le reporta eliminar el botadero municipal y construir un relleno sanitario, así como del costo que demanda este proyecto. Si la comunidad está dispuesta a pagar, se garantizará la sostenibilidad de un buen servicio de limpieza pública y de la operación y el mantenimiento de la obra (Gerard 1999).

4.10.5. Selección del sitio

Para la selección del sitio se deberán preferir aquellos lugares donde las operaciones del relleno sanitario conduzcan a mejorar el terreno; de esta manera, se ahorrarán problemas operacionales futuros.

En muy pocas ocasiones un terreno reunirá todas las condiciones ideales para la construcción de un relleno sanitario. Por lo tanto, se debe elegir aquellos que presenten las mejores características y analizar sus inconvenientes en función de los recursos técnicos y económicos disponibles (De La Torre, 2009).

Para llevar a buen término la construcción de un relleno sanitario, es necesario hacerlo con la participación de las autoridades locales y de la población.

4.10.6. Aspectos técnicos

El ingeniero o técnico especializado deberá tener en cuenta los siguientes factores:

- a) **Localización:** Se recomienda que el relleno sanitario esté ubicado en la dirección o el sentido de crecimiento de la urbanización; sin embargo, para evitar conflictos con los vecinos, lo mejor es que este sitio comience a poblarse cuando concluya la vida útil de la obra; de esta manera, la comunidad podrá beneficiarse con un parque o una zona verde.

Debe tenerse cuidado al seleccionar sitios en terrenos que puedan estar en zonas arqueológicas o áreas de protección especial, lo que implica elevar consultas a instituciones pertinentes o a la autoridad competente para obtener los respectivos permisos. No se deberá construir rellenos en lotes que estén debajo de líneas de alta tensión (Cuevo, 1997).

- b) **Análisis preliminar:** Las visitas de campo se realizarán conjuntamente con las autoridades locales de salud y del ambiente. En estas visitas es conveniente contar con planos urbanísticos de la región, en escala 1:10.000 ó 1:25.000, con el propósito de ubicar los posibles sitios con respecto a las vías principales (salidas y entradas) hacia el área urbana, a las corrientes de agua más próximas y a la distribución de los suelos típica de la región.

Una vez en la oficina de planificación local, con ayuda del plan regulador, se consideran los usos del suelo y sus restricciones, así como las futuras zonas de expansión del área urbana, todo esto con el objeto de analizar su compatibilidad con el relleno sanitario que eventualmente se construiría en un lugar determinado (Acosta, 2007).

- c) **Investigación de campo:** Los mejores sitios visitados serán investigados con mayor detalle. Por ejemplo, se evaluará si existen pozos de abastecimiento de agua para consumo, las características del suelo y el nivel freático; además se tratará de identificar puntos de referencia, accidentes geográficos, nacimientos de agua en el terreno, caminos y construcciones importantes (Conesa, 1995).

Si se cuenta con un plano urbanístico en escala 1:2,000 o 1:5,000, se podrán apreciar estos detalles, evaluar mejor las ventajas y desventajas de cada uno ellos, así como los cálculos preliminares sobre vida útil y costos. Esta información será sometida a la consideración de las autoridades locales, pues son ellas las que toman la decisión final (Espinoza y Páez, 2001).

Conviene recordar que una de las decisiones iniciales puede ser la integración de los sistemas de tratamiento y disposición final de RSM, lo que, por supuesto, influirá en la localización del sitio y en la extensión del terreno. Sin embargo, en este caso, los criterios de selección para la construcción del relleno serán determinantes (Núñez, 2004).

Estos criterios son:

- d) **Vías de acceso:** El terreno deberá estar cerca de una vía principal para que sea de fácil acceso y resulten más económicos el transporte de los RSM y la construcción de la vía de penetración interna. Esta deberá permitir el ingreso fácil, seguro y rápido de los vehículos recolectores en todas las épocas de año.
- e) **Condiciones hidrogeológicas:** Antes de negociar sobre el terreno, es importante analizar el tipo de suelos sobre el que se construirá el relleno sanitario, el cual deberá ser impermeable, es decir, arcilloso; de lo contrario, se debe impermeabilizar con una capa de arcilla compactada de 0,30 metros de espesor o, en última instancia, con una geomembrana de PVC4 o polietileno de alta densidad.
- f) **Vida útil del terreno:** Es deseable que la capacidad del sitio sea suficientemente grande para permitir su utilización por un mínimo de cinco años, a fin de que su vida útil se compatibilice con la gestión, los costos de adecuación y las obras de

infraestructura. Pero esto no quiere decir que si se dispone de terrenos con una capacidad menor, estos deban ser descartados de plano. Es probable que en estos terrenos pequeños se pueda construir obras piloto que permitirán ganar la confianza de la población, con el objeto de acceder después a otros con una mayor vida útil.

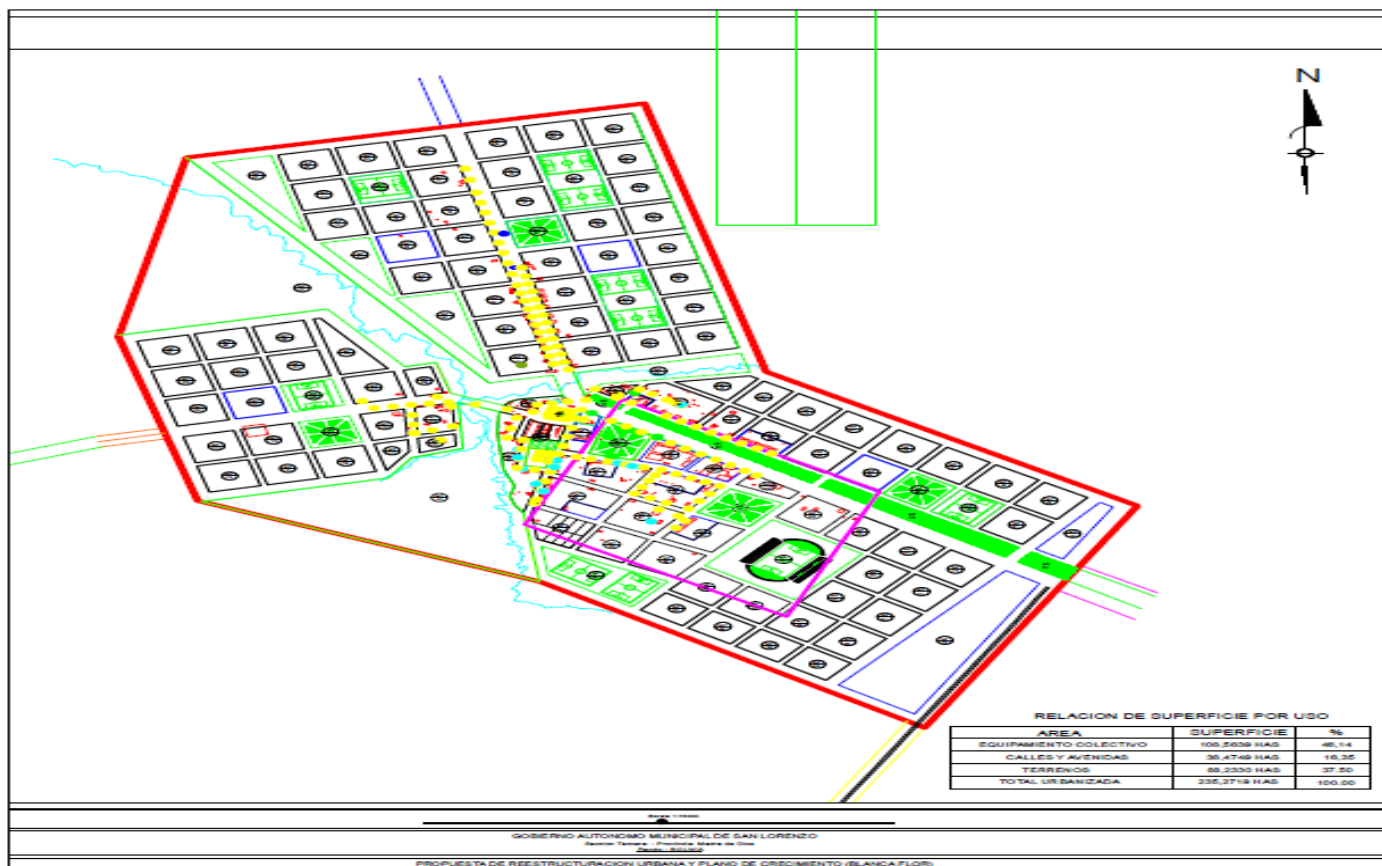
- g) Material de cobertura:** El terreno debe tener abundante material de cobertura de fácil extracción y con buen contenido de arcilla, dada su baja permeabilidad y elevada capacidad de absorción de contaminantes. Cuando esta sea escasa en el sitio, se deberá garantizar su adquisición en forma permanente y suficiente, tomando en cuenta su disponibilidad en lugares vecinos en donde los costos de transporte no sean muy altos.
- h) Conservación de los recursos naturales:** El terreno deberá estar ubicado aguas abajo de la captación del agua destinada para el consumo humano y en general, de las fuentes de agua superficial. Lo ideal sería que estuviese en una área aislada, de poco valor comercial, en una zona marginal; es decir, donde el relleno sanitario no tenga un alto potencial de contaminación (Rihm, 2001).
- i) Condiciones climatológicas:** La dirección del viento predominante es importante debido a las molestias que puede ocasionar la descarga de los residuos y las labores de extracción de tierra y cobertura; a los papeles, el material liviano y el polvo que se levantan, también al posible transporte de malos olores a las áreas vecinas. Por ello, el relleno sanitario deberá estar ubicado de tal manera que el viento circule desde el área urbana hacia él; en caso contrario, para contrarrestar esta molestia se deben sembrar árboles y vegetación espesa en toda la periferia del relleno. La vegetación, además, impide que los vecinos y transeúntes observen las operaciones de disposición de los RSM y le da una mejor apariencia estética a la obra (Rivera, 2012).

La precipitación pluvial es otro factor de vital importancia, por lo que se recomienda contar con registros de lluvias y periodos secos, a fin de estimar la cantidad de agua que cae en la zona de estudio. Estos datos pueden ser

proporcionados por las instituciones nacionales de meteorología o SENAMHI. (Roben 2002).

- j) Uso futuro del terreno:** En todo proyecto de construcción de un relleno sanitario deberá contemplarse desde el principio el uso que se dará al terreno una vez terminada la vida útil de la obra, a fin de integrarlo al ambiente natural transformándolo en una zona verde, área deportiva, jardín, vivero o en un bosque.

Figura 1. Plano Urbano, localidad Blanca Flor



Fuente: (PDM, GAMS, Gobierno Autónomo Municipal San Lorenzo)

Imagen 1. Situación actual de los residuos sólidos, Localidad Blanca Flor



El diagnóstico de los residuos sólidos en la localidad es inadecuado debido a que no existe la Gestión Integral de manejo de residuos sólidos por parte del Municipio.

Como se puede apreciar en las imágenes es una muestra de la situación actual de la disposición final que se realiza con los residuos sólidos, esto se debe a que el municipio no cuenta con un relleno sanitario, otro problema es que la población tiene poco conocimiento sobre el manejo, separación de los residuos y sus consecuencias que genera un riesgo permanente a la salud y al medio ambiente.

Debido a la disposición inadecuada de los residuos sólidos, el factor agua es el que presenta impactos de mayor magnitud, considerando que este recurso es utilizado para consumo humano, riego y otras actividades productivas. De la misma forma, las aguas subterráneas y suelos se ven afectados particularmente por la falta de medidas de impermeabilización ocasionando la permanente infiltración de lixiviados.

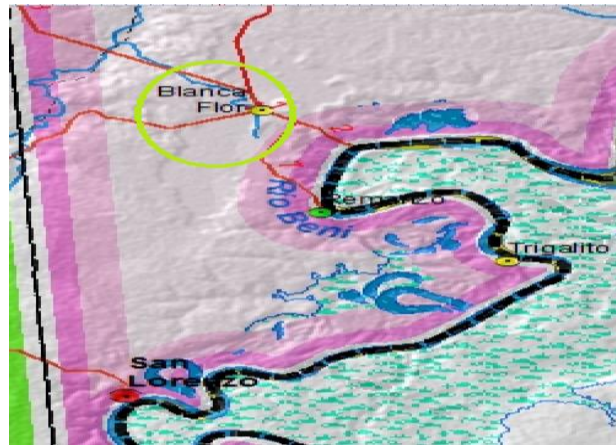
Otros de los factores ambientales, impactados es el aire, debido a la falta de recubrimiento con material de cobertura y la emisión de gases contaminantes.

5. MATERIALES Y MÉTODOS.

5.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se realizó en la localidad de Blanca Flor, perteneciente al municipio San Lorenzo, provincia Madre de Dios, del departamento Pando.

Figura 2. Ubicación del Área de Estudio



Las coordenadas geográficas son:

Latitud sur: 11°39'45"

Longitud oeste: 69°45'17"

Las principales características del área de estudio son los siguientes:

La topografía, presenta una superficie casi plana con ondulaciones ligeras. Tiene una temperatura promedio anual de 26,5°C y precipitación pluvial de 1836 mm/año. Entre los recursos naturales, figuran la goma, castaña y la madera; el bosque en esta región está constituido por especies siempre verdes y muy diversas, con una humedad relativa que favorece el desarrollo de exuberantes vegetaciones.

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadística la tasa anual de crecimiento poblacional para el municipio de San Lorenzo fue de 4,89% y para la provincia Madre de Dios

5.42%.El promedio de personas por vivienda es de 6 (seis), lo que indica un elevado grado de hacinamiento en las viviendas. (Fuente: INE censo 2012).

5.2. MATERIALES

Material de gabinete	Material de campo	Material de escritorio
Cámara fotográfica digital	Overoles	Papel bond tamaño carta
Computadora	Guantes	Tinta para impresora
Impresora	Barbijos	Tableros
	Bolsas de polietileno	Lapiceros
	Cinta masking	
	Marcadores	
	Balanza	

5.3. DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS Y TÉCNICAS EMPLEADAS

5.3.1. Obtención de información básica

a) Crecimiento de la población: Es de suma importancia estimar la población futura que tendrá la comunidad los próximos 5 a 10 años, a fin de calcular la cantidad de RSM que se deberá disponer diaria y anualmente a lo largo de la vida útil del relleno sanitario.

El crecimiento de la población se estimó por métodos matemáticos, empleando la siguiente fórmula:

$$Pf = Po (1 + r)^n$$

Dónde:

Pf = Población futura

Po = Población actual

R = Tasa de crecimiento anual

N = Intervalo de años entre el actual y futura

Fuente: (MMAyA)

b) Producción per cápita: Para estimar la producción per cápita de residuos sólidos se efectuó un levantamiento de datos por vivienda durante los siete días de una semana, repitiéndose esta actividad en tres oportunidades. La recolección de muestras, pesado y registro de datos se efectuó clasificando según tipos. La planilla empleada fue la siguiente:

La producción per cápita de residuos se estimó globalmente así:

$$Ppc = DSr \text{ en una semana} / Pob \times 7 \times Cob$$

Dónde: ppc = Producción por habitante por día (kg/hab/día)

DSr = Cantidad de RSM recolectados en una semana (kg/sem)

Pob = Población total (hab)

7 = Días de la semana

Cob = Cobertura del servicio de aseo urbano (%)

La cobertura del servicio es el resultado de dividir la población atendida por la población total:

$$\text{Cobertura del servicio (\%)} = \text{Población atendida (hab)} / \text{Población total (hab)}$$

d) Producción total: El conocimiento de la producción total de residuos permitió tomar decisiones sobre el equipo de recolección más adecuado, la cantidad de personal, las rutas, la frecuencia de recolección, la necesidad de área para el tratamiento y la disposición final, los costos y el establecimiento de la tarifa de aseo.

La producción de RSM está dada por la relación:

$$DSd = Pob \times ppc$$

Dónde:

DSd = Cantidad de RSM producidos por día (kg/día)

Pob = Población total (habitantes)

Ppc = Producción per cápita (kg/hab-día)

e) Proyección de la producción total: La producción anual de residuos fue estimada con base en las proyecciones de la población y la producción per cápita.

f) Densidad: La densidad o el peso volumétrico de los residuos es otro parámetro importante para el diseño del sistema de disposición final de residuos. En la Región se tienen valores de entre 200 y 300 kilogramos por metro cúbico para los residuos, es decir en el recipiente; tales valores son mayores que los que presentan los países industrializados.

Para calcular las dimensiones de la celda diaria y el volumen del relleno, se pueden estimar las siguientes densidades:

Celda diaria (residuos recién compactada manualmente) 400 - 500

Volumen del relleno (residuos estabilizados en el relleno manual) 500 – 600.

5.3.2. Cálculo del volumen necesario para el relleno sanitario

Los requerimientos de espacio del relleno sanitario están en función de:

- La producción total de residuos sólidos.
- La cobertura de recolección (la condición crítica de diseño es recibir el 100% de los residuos generados).
- La densidad de los residuos sólidos estabilizados en el relleno sanitario manual.
- La cantidad del material de cobertura (20-25%) del volumen compactado de residuo sólido.

5.3.3. Volumen de residuos sólidos

Con los dos primeros parámetros se tiene el volumen diario y anual de residuos sólidos compactados y estabilizados que se requiere disponer, es decir:

$$V_{\text{diario}} = \text{DSP/DRAM}$$

$$V_{\text{anual compactado}} = V_{\text{diario}} \times 365$$

Dónde:

$$V_{\text{diario}} = \text{Volumen de RSM por disponer en un día (m}^3\text{/día)}$$

$$V_{\text{anual}} = \text{Volumen de RSM en un año (m}^3\text{/año)}$$

$$\text{DSP} = \text{Cantidad de RSM producidos (kg/día)}$$

$$365 = \text{Equivalente a un año (días)}$$

$$\text{DRAM} = \text{Densidad de los RSM recién compactados (400-500 kg/m}^3\text{) y del relleno estabilizado (500-600 kg/m}^3\text{)}$$

5.3.4. Volumen del material de cobertura

$$m. c. = V_{\text{anual compactado}} \times (0,20 \text{ ó } 0,25)$$

Dónde:

m. c. = material de cobertura equivale al 20 a 25% del volumen de los desechos recién compactados.

5.3.5. Volumen del relleno sanitario

Con los resultados obtenidos de las formulas anteriores se calculó el volumen del relleno sanitario para el primer año, así:

$$VRS = V_{\text{anual estabilizado}} + m. c.$$

Dónde:

VRS = Volumen del relleno sanitario (m³/año)

m. c. = material de cobertura (20 a 25% del volumen recién compactado de residuos sólidos).

5.3.6. Cálculo del área requerida

Con el volumen se pudo estimar el área requerida para la construcción del relleno sanitario, con la profundidad o altura que tendría el relleno.

El relleno sanitario manual se proyectó para 10 años.

El área requerida para la construcción del relleno sanitario manual estuvo en función principalmente de factores como:

- cantidad de residuo sólido que se deberá disponer;
- cantidad de material de cobertura;
- densidad de compactación de los residuos sólidos;
- profundidad o altura del relleno sanitario;
- áreas adicionales para obras complementarias.

A partir del volumen del relleno sanitario se estimó las necesidades del área

$$ARS = VRS / RS$$

Dónde:

VRS = volumen de relleno sanitario (m³/año)

ARS = área por rellenar sucesivamente (m²)

HRS = altura o profundidad media del relleno sanitario (m)y

Y el área total requerida será:

$$AT = F \times ARS$$

Dónde:

AT = Área total requerida (m²)

F = Factor de aumento del área adicional requerida para las vías de penetración, áreas de retiro a linderos, caseta para portería instalaciones sanitarias, patio de maniobras, etc. Este es entre 20-40% del área que se deberá rellenar.

5.3.7. Cálculo de la vida útil

Es deseable que la capacidad del sitio sea suficientemente grande para permitir su utilización por un tiempo de 10 años, a fin de que su vida útil se compatibilice con la gestión, los costos de adecuación y las obras de infraestructura.

La extensión del terreno requerida para la construcción de un relleno sanitario manual en una población pequeña, teniendo en cuenta la generación diaria per cápita de RSM, la densidad de compactación del relleno, el volumen del material de cobertura, la profundidad o altura del relleno y las áreas adicionales para la infraestructura y retiros como zonas de amortiguamiento de impactos ambientales.

5.3.8. Diseño del canal interceptor aguas de escorrentía

Es importante estudiar la precipitación pluvial del lugar, con el fin de establecer las características de los drenajes perimetrales y las obras necesarias. Así se minimizará la producción del líquido lixiviado o percollado y se evitará la contaminación de las aguas.

Las aguas de lluvia que caen sobre las áreas vecinas al relleno sanitario suelen escurrirse hasta él, lo que dificulta la operación del relleno. Interceptar y desviar el escurrimiento de aguas de lluvia por medio de un canal perimetral fuera del relleno sanitario es un elemento fundamental de su infraestructura, que contribuirá a reducir el volumen del líquido percollado y mejorar las condiciones de operación. Es necesario construir un canal en tierra o suelo-cemento de forma trapezoidal y dimensionarlo teniendo en cuenta

las condiciones de precipitación local, el área tributaria, las características del suelo, la vegetación y la pendiente del terreno.

5.3.9. Monitoreo de la calidad del agua

Es importante que antes, durante y después de construir un relleno sanitario se tome una serie de medidas relacionadas con la prevención de riesgos potenciales para la calidad del ambiente.

Si bien es una obra pequeña, un relleno sanitario manual debería cumplir algunas normas ambientales y de seguridad, sobre todo en lo que se refiere a las aguas superficiales y subterráneas. En este caso, convendría contar con pozos de monitoreo para prevenir cualquier riesgo de inundación.

No podemos olvidar que gran parte de los RSM de las pequeñas poblaciones son de origen doméstico, de ahí que las exigencias y controles ambientales también deben estar acordes con la magnitud del problema y los recursos disponibles. Además, si se cuenta con un suelo limo-arcilloso, con un coeficiente de permeabilidad, $k < 10^{-7}$ cm/ser, y si el espesor del suelo por encima del nivel freático es mayor de un metro, las probabilidades de contaminación de las aguas subterráneas disminuyen considerablemente.

5.3.10. Cálculo de la celda diaria

Como se sabe, la celda diaria está conformada básicamente por los RSM y el material de cobertura y será dimensionada con el objeto de economizar tierra, sin perjuicio del recubrimiento y con el fin de que proporcione un frente de trabajo suficiente para la descarga y maniobra de los vehículos recolectores.

Las dimensiones y el volumen de la celda diaria dependen de factores tales como los siguientes:

- La cantidad diaria de RSM que se debe disponer.

- El grado de compactación.
- La altura de la celda más cómoda para el trabajo manual.
- El frente de trabajo necesario que permita la descarga de los vehículos derecolección.

Para la celda diaria se recomienda una altura que fluctúe entre 1 y 1,5 metros, esto debido a la baja compactación alcanzada por la operación manual y a fin de brindar una mayor estabilidad mecánica a la construcción de los terraplenes del relleno sanitario. A partir del volumen diario de desechos compactados y teniendo en cuenta las limitaciones de altura, se calculará el avance y el ancho de la celda, procurando mantener un frente de trabajo lo más estrecho posible, con base en las ecuaciones.

5.4. Instrumento de recolección de datos

Para el cálculo de la producción per cápita, se efectuó la sumatoria de todos los tipos de residuos durante los siete días en una vivienda y luego se dividió por el número de días (7), el número personas en la familia y número de repeticiones.

Cuadro 2 Formulario de cuantificación de residuos solidos

Datos generación de residuos por día				
Fecha: 20 de octubre 2015			Zona: barrio el tanque	
N° de muestra: 3			N° personas/familia: 6	
N°	Tipo de residuo	Peso	Unidad	Observaciones
1	Plásticos	0,70	Kg	Ninguna
2	Papel y cartón	0,10	Kg	
3	Metálicos	2,65	Kg	
4	Materia Orgánica	1,51	Kg	
5	Otros (fierro)	2,7	Kg	

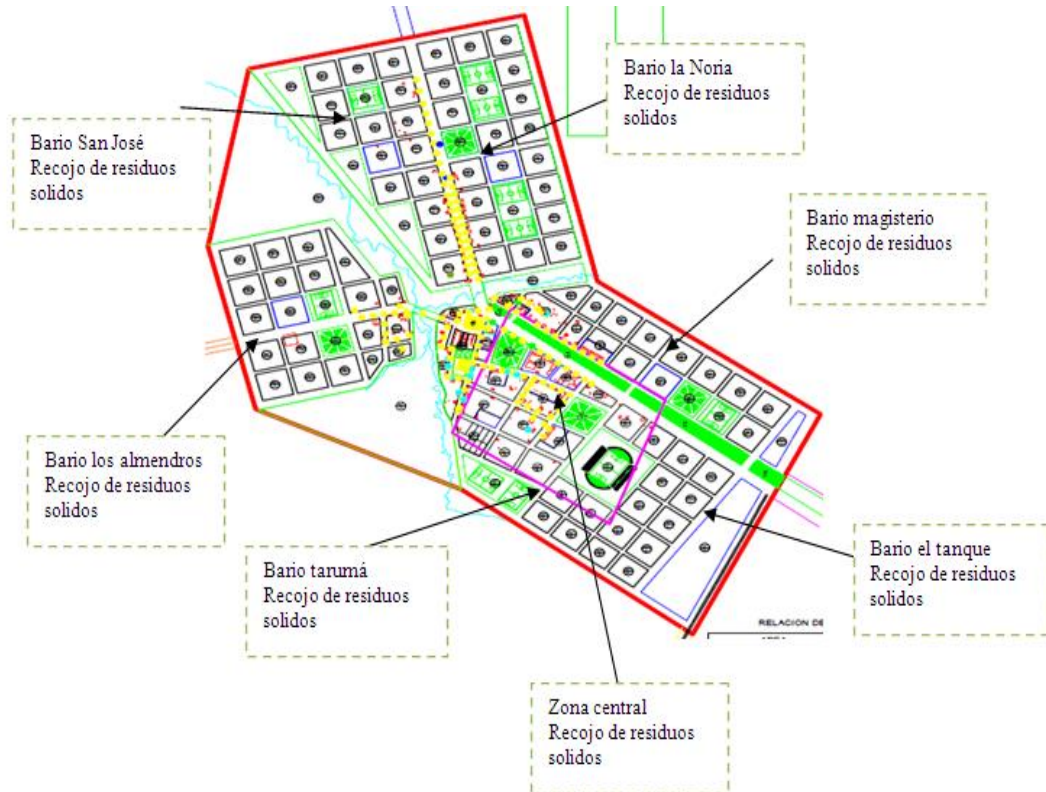
Fuente: (Elaboración propia en base a RGRS).

Cuadro 3. Cronograma de recojo, residuos sólidos Localidad Blanca Flor

Días	Hora	Barrios	Vehículo
Lunes y miércoles		El tanque, magisterio y tarumá	1 vehículo (moto car)
Martes y jueves	08:00 a 12:00	San José, la noria y los almendros	
Viernes	15:00 a 19:00	Zona central (mercado y plazuela)	

Fuente: (Elaboración propia).

Figura 3. Ruta de acceso y recojo de residuos sólidos, localidad Blanca Flor



Fuente: (Elaboración propia, en base a mapas PDM municipio San Lorenzo)

La localidad de Blanca Flor cuenta con seis barrios y la zona comercial como ser el mercado y plazuela por ello se ha programado el recojo de residuos sólidos dos veces por semana contando con un vehículo para el transporte de los mismo hasta su disposición final. Para ello es necesario contar con un chofer y dos ayudantes.

6. RESULTADOS.

6.1. PRODUCCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Cuadro 4. Producción de residuos sólidos en g/día-familia

Tipo Residuo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Primera repetición							
Plásticos	70,7	80,8	70,7	65,7	50,5	55,6	63,6
Papel y cartón	8,8	5,6	5,6	7,8	4,6	4,8	5,8
Metálicos	65,2	18,2	17,7	15,2	25,3	47,5	58,6
Materia orgánica	151,5	151,5	181,8	163,6	121,2	147,5	185,9
Otros	62,6	49,5	60,6	52,5	41,4	51,5	56,6
Segunda repetición							
Plásticos	50,5	40,4	45,5	52,5	48,5	45,5	50,5
Papel y cartón	7,4	6,5	6,5	5,5	5,6	4,5	5,6
Metálicos	36,4	37,4	36,4	35,4	38,4	39,4	34,3
Materia orgánica	101	121,2	141,4	126,3	101	127,3	141,4
Otros	45,5	49,5	43,4	46,5	51,5	59,6	68,7
Tercera repetición							
Plásticos	75,8	80,8	75,8	82,8	79,8	70,7	74,8
Papel y cartón	8,8	7,8	5,9	7,9	4,8	5,7	4,8
Metálicos	70,7	80,8	73,7	70,7	77,8	72,7	70,7
Materia orgánica	171,7	181,8	173,7	171,7	175,8	167,7	179,8
Otros	70,7	77,8	80,8	75,8	71,7	81,8	80,8

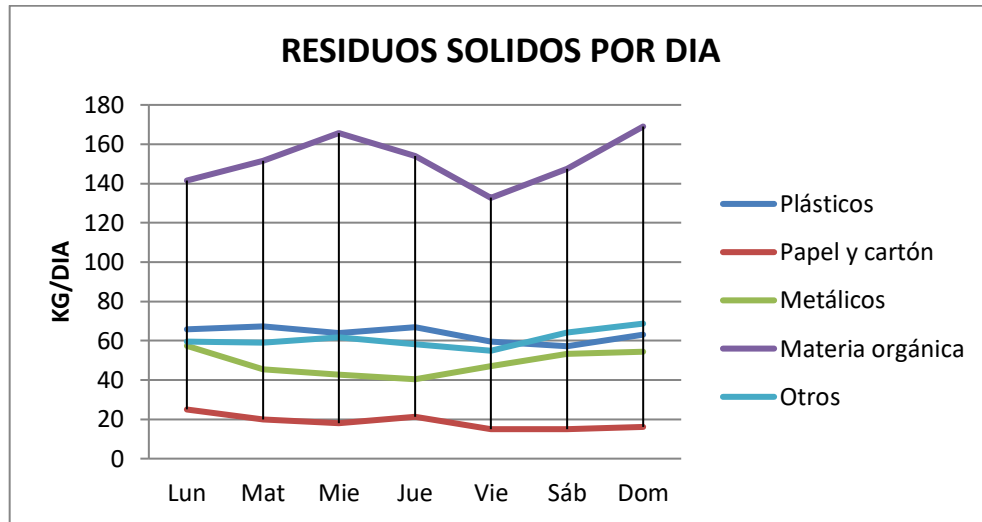
Fuente: (Elaboración propia a partir de planillas de datos.)

Cuadro 5. Promedios de producción de residuos por día (kg)

Tipo de residuo	Lun	Mat	Mie	Jue	Vie	Sáb	Don	Prom.
Plásticos	65,7	67,3	64,0	67,0	59,6	57,2	63,0	63,4
Papel y cartón	25	19,9	18,0	21,2	15,0	15,0	16,2	18,0
Metálicos	57,4	45,5	42,6	40,4	47,1	53,2	54,5	48,7
Materia orgánica	141,4	151,5	165,7	153,9	132,7	147,5	169	151,7
Otros	59,6	58,9	61,6	58,2	54,9	64,3	68,7	60,9
Total	393,5	388,2	401,9	390,9	362,3	389,2	425,9	393,2
Promedio	78,7	77,6	80,4	78,2	72,5	77,8	85,2	78,6

Fuente: (Elaboración propia a partir de los datos del Cuadro anterior)

Gráfico 1. Producción de residuos sólidos kg/día



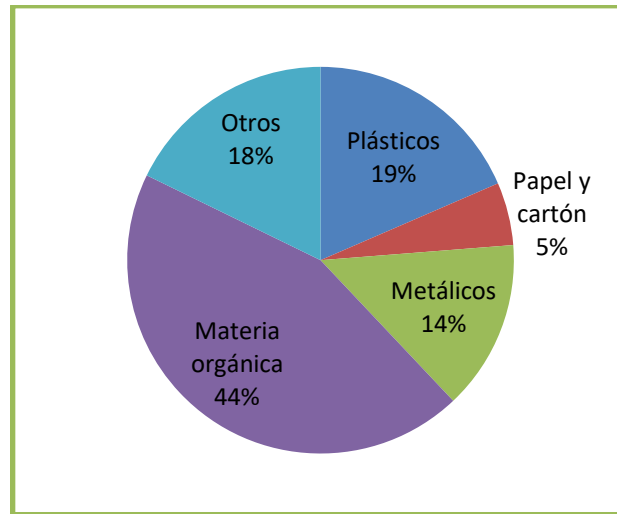
Fuente: (Elaboración propia).

En cuadro y gráfico anterior, permiten observar que la producción de residuos tiene las siguientes características, comparando los días de la semana, la materia orgánica registra una variación significativa es así que en media semana (miércoles) y fin de semana (domingo) hay mayor producción de este tipo de residuo, mientras que la menor producción se registra el primer día (lunes) y antes del fin de semana (viernes).

Los otros tipos de residuos muestran una similar producción durante todos los días de la semana, aunque los productos metálicos a media semana tienden a disminuir.

La composición de los residuos sólidos producidos tiene una predominancia de materia orgánica, seguido de plásticos, mientras que la mínima proporción corresponde a papel y cartón, como se observa en el gráfico siguiente.

Gráfico 2. Composición de los residuos solidos



Fuente: (Elaboración propia)

6.2. DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Para determinar el volumen se empleó la fórmula propuesta por, quien sostiene que los residuos sólidos recién compactados tienen una densidad de 400 a 500 kg/m³, mientras que en el relleno estabilizado este valor varía entre 500 a 600 kg/m³ en consecuencia para el cálculo del volumen de residuos a emplear para el cálculo del relleno se tomó como referencia una densidad promedio de 450 kg/m³. (Jaramillo 2002).

Los resultados del cálculo son los siguientes:

Cuadro 6. Determinación del volumen de residuos para el relleno

Periodos	Peso Kg.	Vol m ³
Diario	393,2	0,87
Semanal	2752,4	6,12
Mensual	11960	42,82
Anual	143518	299,71

Fuente: (Elaboración propia).

Los resultados indican que el año base se tendrá una producción de 300 m³, a partir de este dato se hizo una proyección para los próximos 10 años, considerando que la producción de residuos es directamente proporcional al crecimiento de la población, se obtuvo de la página oficial del Instituto Nacional Estadística la tasa de crecimiento poblacional del municipio de San Lorenzo, donde se halla geográficamente ubicado la comunidad de Blanca Flor, cuyo dato es de 1,19% anual. (Censo 2012).

Para el cálculo se empleó la fórmula de crecimiento lineal de la población, como se detalla a continuación.

$$Pf = Po * (1+i) n$$

Dónde:

Pf = Población futura

Po = Población del año base (2015)

I = Tasa de crecimiento anual

N = Número de años para el cual se hace el cálculo

Con esta fórmula se determinó la producción de residuos sólidos para los próximos años, como se muestra a continuación

Cuadro 7. Determinación del volumen de residuos para los próximos diez años

Años	Producción mensual	Producción anual
2016	43,33	303,30
2017	43,85	306,94
2018	44,38	310,63
2019	44,91	314,35
2020	45,45	318,12
2021	45,99	321,94
2022	46,54	325,81
2023	47,10	329,72
2024	47,67	333,67
2025	48,24	337,68

Fuente: (Elaboración propia)

6.3. CÁLCULO, TAMAÑO DEL RELLENO SANITARIO

Para el cálculo del tamaño del relleno sanitario se tomó en cuenta el volumen de residuos que se producirán y serán depositados en el relleno sanitario. Por otra parte se consideró las recomendaciones técnicas para el diseño de los rellenos sanitarios. Estos valores son los siguientes:

Altura	3 m
Ancho del fondo	26 m
Ancho de la superficie	30 m
Largo del relleno	38,2 m
Volumen del relleno	3.208,08 m ³

Las celdas anuales estarán divididas por material local (madera) y estarán en función al volumen de residuos producido y estarán ubicados a lo largo del relleno sanitario, las distancias a los separadores del punto de origen serán los siguientes, para depositar los volúmenes que se indica a continuación.

Cuadro 8. Largo del relleno para celdas anuales

Años	Largo del relleno M.	Volumen anual
2016	3,7	310,8
2017	7,3	613,2
2018	11,0	924,0
2019	14,8	1243,2
2020	18,5	1554,0
2021	22,4	1881,6
2022	26,3	2209,2
2023	30,2	2536,8
2024	34,2	2872,8
2025	38,2	3208,8

Fuente: (Elaboración propia, en base a datos anteriores.)

6.4. CONSTRUCCIÓN DEL RELLENO SANITARIO

6.4.1. Preparación del terreno

En el terreno se preparará en un área que sirva de base o suelo de soporte a los terraplenes que conformarán el relleno; es necesario la tala de árboles y arbustos para que no sean un obstáculo durante la operación.

6.4.2. Tratamiento del suelo de soporte

- a) **Nivelación:** El trabajo continuará con la remoción de las primeras capas de suelo, dependiendo de la cantidad de material de cobertura disponible. Se dejará

el terreno intacto en las superficies planas, con el fin de usar su capacidad de absorción y filtración para remover contaminantes del lixiviado.

Para la nivelación del suelo de soporte y los cortes de los taludes, el movimiento de tierra se hará por etapas, es decir para cada año; así la lluvia no erosionará el terreno ni se perderá la tierra, que podría emplearse como cobertura. Se conservará y almacenará la cubierta vegetal de las áreas iniciales ya que servirá para la siembra de pasto a medida que se vayan terminando algunas áreas del relleno.

En la nivelación del suelo de soporte o base de los terraplenes y en la apertura de las trincheras o zanjas se empleará equipo pesado (tractor de orugas y/o retroexcavadora), puesto que la excavación manual es demasiado ineficiente. El mismo equipo servirá para la construcción del camino de acceso y las vías interna o la extracción y el almacenamiento de material de cobertura; esta última actividad se realizará solo en periodos secos.

- b) Drenaje:** Se excavarán varias zanjas de drenaje en la parte inferior del terreno, con una profundidad aproximada de 10 cm, hasta confirmar que las primeras capas de residuos en la base del terreno estén a un mínimo sobre el nivel más alto del agua y que el suelo sea arcilloso.
- Se colocará una tubería perforada de concreto y se llenará la zanja con piedra y grava, a manera de filtro.
 - Se cubrirá con tela de ingeniería (geotextil) o un material similar al drenaje de piedra para evitar su colmatación.
- c) Conformación de taludes del terreno:** Los taludes del terreno se dejarán de tal manera que no causen erosión y puedan darle buena estabilidad al relleno. Estos serán del tipo (horizontal: vertical).

La superficie de las terrazas o terraplenes tendrán una pendiente del 2% con respecto a los taludes interiores, a fin de conducir las aguas de lixiviado a las

zanjas de drenaje y evitar encharcamientos cuando se usen como vías temporales de acceso; lo anterior contribuye también a brindar estabilidad a la obra.

6.4.3. Infraestructura periférica

- a) **Vía de acceso:** El relleno sanitario manual estará cerca de la vía pública principal y de uso permanente. Es necesario reiterar que el tiempo empleado en el acarreo de residuos, desde el área poblada hasta el sitio del relleno sanitario y viceversa, es más importante que la distancia.

El camino de acceso interno también debe reunir las condiciones mínimas que garanticen el ingreso fácil y seguro al vehículo o vehículos de recolección de residuos en todas las épocas del año.

Para los casos en que el tráfico vehicular es mínimo, la vía de acceso será una pequeña carretera afirmada de 6 metros de ancho, con un buen mantenimiento durante todo el año. En ocasiones se efectuarán riegos al camino con aceite quemado para evitar la acumulación de polvo.

- b) **Drenaje perimetral de aguas de lluvias:** Apenas se pueda, las fuentes o pequeñas venas de agua existentes en el área del relleno serán desviadas y canalizadas antes del inicio de la operación. Además de interferir negativamente en la operación, su paso por la masa de residuos contribuirá al aumento del volumen del líquido percolado.

6.5. Infraestructura del relleno

6.5.1 Drenaje y manejo del lixiviado:

El manejo del líquido percolado o lixiviado es uno de los mayores problemas que se presentan en un relleno sanitario. A pesar de que este cuenta con canales periféricos que interceptan y desvían las aguas de escurrimiento, la lluvia que cae

directamente sobre su superficie aumenta el volumen del lixiviado. A continuación se señalan algunos métodos para disminuir estos problemas.

Es de vital importancia construir un sistema de drenaje que servirá de base al relleno sanitario antes de depositar la basura; este sistema deberá retener el lixiviado en el interior del relleno para su almacenamiento indefinido. Con ello se logra disminuir en buena parte su salida y evitar su tratamiento, lo que por su elevado costo es sumamente complejo y poco factible en los pequeños municipios, como es este caso.

El método más eficaz para controlar la lluvia es cubrir con un techo ligero de palma, paja o plástico (similar al de los invernaderos) toda el área superficial de las zanjas o de los terraplenes de residuos; con ello se impedirá el ingreso de la lluvia que cae directamente sobre las zonas terminadas y el frente de trabajo. Este método puede disminuir en 90 ó 95% la generación de lixiviado.

6.5.2. Tratamiento del lixiviado

Si cubrimos las áreas rellenadas de residuos y el frente de trabajo con un techo ligero de palma, paja o plástico, no tendremos lixiviado, con lo que se minimizarán todos los problemas y los costos de un tratamiento por lo demás incierto en estos lugares.

Es importante tener un suelo impermeable o bien hay que impermeabilizarlo artificialmente para que se pueda construir la red de zanjas de almacenamiento que retendrá el lixiviado en el relleno.

Otra práctica que minimiza el problema del lixiviado al clausurarse algunas áreas del relleno sanitario o cuando este acaba su vida útil es la siembra de pasto, grama y pequeños arbustos de raíces cortas que se adapten a las condiciones de la obra. Se los debe sembrar tanto sobre la superficie ya clausurada como en los alrededores

del sector relleno; la evapotranspiración puede ser muy efectiva y en algunos casos hasta evita la producción de lixiviado.

6.5.3. Drenaje de gases

El drenaje de gases está constituido por un sistema de ventilación de piedra otubería perforada de concreto (revestida con piedra) que funciona a manera de chimeneas o tubos de ventilación que atraviesan en sentido vertical todo el relleno.

Estas se construyen conectándolas a los drenajes de lixiviado que se encuentran en el fondo y se las proyecta hasta la superficie, a fin de lograr una mejor eficiencia en el drenaje de líquidos y gases.

Pozos de monitoreo: Como resultado de los mecanismos de descomposición de los RSM que ocurren en el relleno ya mencionados, se generan líquidos, gases y productos intermedios.

Algunos son retenidos en los poros del terreno, mientras que otros pueden ser arrastrados y/o solubilizados por los líquidos que atraviesan las capas de tierra y residuos hasta alcanzar las fuentes de agua.

Por lo tanto, aunque no es necesario en todos estos pequeños proyectos, se recomienda instalar una serie de pozos de monitoreo con la finalidad de detectar la probable contaminación del agua subterránea que resulta de la construcción del relleno sanitario.

Estos pozos podrán ser cavados manualmente y, dependiendo del tipo de suelo, se tomarán medidas para evitar derrumbes durante la excavación. Una vez hallado el nivel freático, se coloca en el fondo el material granular y se instala una tubería de 8" de diámetro que permita el ingreso de una botella plástica o garrafón para tomarmuestras del agua. Después de instalar la tubería, se llena el resto del pozo con la misma tierra excavada.

6.5.4. Caminos y drenaje pluvial internos

En la planificación se deberán estudiar los caminos de circulación interna dentro del relleno, ya que por el permanente desplazamiento se pueden producir trastornos durante la época de lluvias.

Si bien en un relleno sanitario manual la vía de acceso al frente de operación y control puede estar hecha de piedra y restos de demoliciones, siempre deberá mantenerse seca y en buen estado si se quiere evitar que los vehículos se atasquen o vuelquen.

6.5.5. Cerco perimetral

Se debe encerrar el terreno con un cerco de potrero de 1,5 metros de altura, hecho con alambre de púas (galvanizado, calibre 12, de 10 púas por metro lineal), de cinco hiladas y que tenga un portón de entrada para impedir el libre paso del ganado al interior del relleno. De hecho, esto entorpece la operación y destruye las celdas de residuos, especialmente cuando se retiran los trabajadores. El portón, además, restringe el ingreso de personas, dándole un poco más de disciplina y seguridad a la obra.

6.5.6. Área de amortiguamiento y protección

En muchos casos también resulta necesario dejar libre una franja de terreno de 5 a 20 metros entre el lindero y la zona de terraplenes o zanjas con residuos, a fin de contar con una zona de amortiguamiento que mitigue los posibles efectos negativos de las operaciones con residuos en los predios vecinos. En esta área de retiro es importante colocar un cerco vivo de árboles y arbustos que impida que los vecinos y transeúntes vean los RSM y la operación del relleno. En ocasiones, se pueden usar los excedentes de tierra de las trincheras excavadas para levantar una especie de biombo o pantalla con el mismo fin.

6.5.7. Caseta de control

La construcción de una caseta con un área aproximada de 12 a 15 metros cuadrados es importante para ser usada como control de ingreso o lugar para guardar pequeñas herramientas de trabajo (rodillo, carretas, palas, picas, etc.), como un espacio donde los obreros se puedan asear, cambiar y guardar su ropa, como cocina donde calentar alimentos o como refugio en caso de lluvias. Esta caseta debe tener una mesa o escritorio y una o varias sillas, a fin de que el supervisor lleve más cómodamente el registro de las actividades.

Se puede usar una caseta prefabricada e incluso adaptar un contenedor. La administración municipal podría solicitarlos en calidad de donación o préstamo.

En casos especiales es conveniente construir más bien una pequeña vivienda rural donde habite permanentemente uno de los trabajadores con su propia familia y donde se puedan guardar herramientas e incluso tierra excavada para que sea utilizada en algún cultivo futuro.

6.5.8. Instalaciones sanitarias

El relleno debe contar con instalaciones que aseguren la comodidad y el bienestar de los trabajadores. En consecuencia, se debe llevar agua al relleno para los servicios sanitarios. En tiempos de estiaje se puede utilizar parte de esta agua para regar la superficie del relleno a fin de obtener una mejor compactación y evitar la acumulación de polvo. Igualmente, se debe construir un tanque séptico o una letrina.

Para la construcción de las instalaciones sanitarias, se puede pedir asesoría a las autoridades de salud.

6.5.9. Patio de maniobras

Se deberá contar con una zona de alrededor de 200 metros cuadrados (10 x 20) para que el vehículo recolector pueda maniobrar y descargar los residuos en el frente de trabajo y maniobrar fácilmente.

6.6. Método constructivo

El método constructivo de un relleno sanitario manual depende principalmente de la topografía del sitio, aunque también está condicionado por el tipo de suelo y la profundidad del nivel freático.

El método de área se emplea en terrenos planos, canteras abandonadas, depresiones y partes bajas de las cañadas. Las características propias del lugar determinarán si es posible extraer la tierra de cobertura del sitio o si se la debe transportar de lugares cercanos. El método consiste en depositar los residuos sobre la superficie y recostarlos contra el talud del terreno inclinado; luego se los compacta en capas inclinadas para formar la celda que después será cubierta con tierra. Al inicio las celdas se construyen en un extremo del área que debe ser rellenada y se avanza hasta terminar en el otro extremo.

Se suele usar el método de trinchera cuando el nivel de las aguas freáticas es profundo y las pendientes del terreno son suaves; de ahí que las zanjas pueden ser excavadas con equipos de movimiento de tierra. Este método consiste en depositar los residuos en un extremo de la zanja recostándolos contra el talud; ahí los trabajadores los esparcen y compactan en capas con herramientas de albañilería hasta formar una celda que al final de la jornada será cubierta con la tierra extraída de la zanja.

6.6.1. Construcción de terraplenes

Con el propósito de brindarle estabilidad al relleno sanitario manual construido con el método de área, se recomienda la construcción de varias terrazas o terraplenes de tres metros de altura, conformadas por dos o tres celdas de 1,0 a 1,5 metros cada una, respectivamente.

Cada terraza corresponderá a una fase de la construcción del relleno. Entre cada terraza se deja una berma o pasillo de 2 a 4 metros de ancho a fin de darle estabilidad a la obra.

6.6.2. Construcción de las celdas

La celda diaria se define como la unidad básica de construcción del rellenosanitario y está constituida por la cantidad de residuos que se entierra en un día y por la tierra necesaria para cubrirla.

6.6.3. Dimensiones

Las dimensiones de la celda diaria varían para cada caso y se definen, teóricamente, como un paralelepípedo; su ancho equivale al frente de trabajo necesario para que el vehículo recolector pueda descargar los residuos. El largo (avance) está definido por la cantidad de residuos que llega al relleno en un día y la altura se limita a un metro y medio para lograr una mayor compactación. Con el propósito de ahorrar tierra se recomienda que la celda sea cuadrada.

Conformación de la celda diaria típica: Los residuos se descarga en el frente de trabajo; luego los trabajadores la esparcen sobre la superficie de terreno al pie del talud o de las celdas ya terminadas en capas sucesivas de 0,20 a 0,30 metros; para ello se emplean horquillas (garfios de tres dientes), rastrillos (de ocho o diez dientes). A continuación, se nivela la superficie superior y se compacta con el rodillo; de otro lado, las superficies laterales se compactan con pisones de mano hasta conseguir una superficie uniforme.

6.6.4. Cobertura de la celda

Para concluir la celda, se cubre con una capa de tierra de 0,10 a 0,15 metros, se esparce con ayuda de carretillas de mano, palas, azadón y se compacta con un rodillo y pisones de mano, siguiendo el mismo procedimiento efectuado con los residuos.

La cobertura diaria controla la presencia de insectos, roedores y aves, así como las quemaduras, humo, malos olores, ingreso de agua y residuos dispersos.

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.

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 RSM; es decir, entre 20 y 25% del volumen de residuos compactados.

6.6.5. Compactación

Esta obra de saneamiento básico ha sido concebida para emplear recursos propios de la región y mano de obra poco calificada. Por consiguiente, la conformación de las celdas y la compactación de los residuos se harán con herramientas de albañilería.

Las densidades alcanzadas en el relleno sanitario manual serán relativamente bajas (400-500 kg/m³), pero suficientes para los fines propuestos. Entre los mecanismos más importantes que inciden en la compactación de los RSM en un relleno sanitario manual, están los siguientes:

- El tránsito de los vehículos sobre las celdas terminadas; por tanto, debe realizarse con mayor frecuencia en los periodos secos.

- El proceso de descomposición de los RSM debido a su alto contenido de materia orgánica.
- El peso propio de las celdas superiores sobre las inferiores.
- El almacenamiento de material de cobertura sobre las celdas ya terminadas.

6.7. PRESUPUESTO TENTATIVO DEL RELLENO SANITARIO

Tabla 1. Gastos Mensuales para chofer - recolector

Cargo	Cantidad de Empleados	Total de Salarios Mensuales
Chofer - Recolector	1	2.000 Bs
Chofer - Recolector	1	2.000 Bs
Total		4.000,00 Bs.

Fuente: (Elaboración propia)

Los gastos mensuales cubrirían los pagos del personal que recoge y transporta los residuos sólidos hasta su disposición final, recolector y chofer.

Tabla 2. Instalaciones provisionales generales

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Bs.
Instalaciones hidrosanitarias provisionales	1	Global	7.000,00
Rotulo del proyecto	1		400
Conformación de calle perimetral y cunetas	Global	M2	5.000,00
Canaleta perimetral		A elección	10.000,00

Excavación para drenaje de lixiviados		M3	7.000,00
Drenaje de gases		Global	15.000,00
TOTAL			44.400,00 Bs

Fuente: (Elaboración propia)

Tabla 3. Materiales

Descripción	Cantidad	Precio unitario Bs	Sub total Bs
Palas	5	35	175,00
Azadón	4	40	160,00
Carretillas	5	400	2.000,00
Escobas	5	15	75
Rastrillos	4	40	160,00
EPP(botas, guantes de hule, chalecos, gafas, overoles)	5	280	280,00
Moto car	1	15.000	15.000,00
Rodillo compactador	1	400	400,00
Total		18.250,00	Bs

Fuente: (Elaboración propia)

Se detalló el presupuesto de acuerdo a las características del lugar, localidad de Blanca Flor y siguiendo las normas establecidas en la ley de Medio Ambiente 1333, específicamente en el RGRS (reglamento General de Residuos Sólidos), el presupuesto asciende aproximadamente a **66.650,00 Bs.**

6.8. Beneficios

6.8.1. Beneficios económicos

El incremento de las oportunidades de negocios comercio y turísticos (hospedaje, restaurantes, etc.). Por la mejora de las condiciones ambientales que redundarían en la mejora de los ingresos de la población.

6.8.2. Beneficios sociales

Los beneficios sociales están relacionados fundamentalmente con la reducción de los riesgos de contagio de la población con enfermedades asociadas con los residuos sólidos, tales como enfermedades diarreicas, parasitarias y respiratorias.

Estos beneficios sociales permiten a los pobladores atendidos por el proyecto puedan incrementar su nivel de bienestar, producto de la realización del mismo.

6.8.3. Beneficios ambientales

Los beneficios ambientales están relacionados principalmente con las acciones que realizarán la población para evitar el deterioro del medio ambiente o su entorno de vida; especialmente con el impacto que generan los residuos sólidos en el ambiente visual, en la fauna y flora.

7. DISCUSIÓN

7.1. PRODUCCIÓN DE RESIDUOS.

En Bolivia, un estudio realizado por la Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos dependiente del Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico (2010), se determinó que la producción per cápita de residuos sólidos

domiciliarios en las capitales metropolitanas es de 0,53 kg/ha-día, mientras que en los municipios pequeños este valor es de 0,42 kg/hab-día.

En la presente investigación, la producción per cápita de residuos sólidos en promedio es de 0,32 kg/Hab-día, estos resultados son relativamente inferiores a los datos obtenidos a nivel de otros países como en otras regiones de Bolivia, esto se debe a que la comunidad Blanca Flor es un municipio inminentemente rural, donde la mayoría de la población es de estrato social bajo (no consumista), además muchos de los residuos sólidos, principalmente las de materia orgánica son empleados para la alimentación de animales domésticos (gallinas, cerdos, perros y gatos), en consecuencia no son dispuestos en forma de residuos sólidos.

7.2. COMPOSICIÓN DE RESIDUOS.

Respecto a la composición de residuos, no existe una norma definida sobre la clasificación física de los residuos sólidos, normalmente se adopta la composición física por porcentaje en peso. (Vargas 2012).

La técnica estadística utilizada en un muestreo para la caracterización física de los residuos puede ser la indicada para el muestreo de proporciones. Una clasificación física de los desechos sólidos podría ser considerada de la siguiente forma:

Desechos de alimentos

Papel y Cartón

Plásticos

Madera

Vidrio

Otros

En Bolivia, se determinó los siguientes resultados en cuanto a composición de residuos sólidos: (DGGIRS-VAPSB (2010)).

Componentes Bolivia	Cobija	
Materia orgánica	53,2%	55,7%
Plásticos	9,4%	15,9%
Papel y cartón	7,0%	7,4%
Metales	1,0%	2,4%
Vidrios	1,4%	4,9%
Otros	25,3%	16,7%

En la presente investigación realizada en la localidad de Blanca Flor la composición de residuos sólidos fue la siguiente:

Materia orgánica	44%
Plásticos	19%
Papel y cartón	5%
Metales	14%
Otros	18%

Comparando los resultados de la presente investigación con los promedios nacional y de la ciudad de Cobija, es posible afirmar que si bien la materia orgánica es la de mayor

proporción, en la comunidad Blanca Flor es relativamente menor (44%) respecto a Bolivia (53,2%) y Cobija (55,7%), esto se debe a que como se explicó en el acápite anterior, al ser una comunidad rural parte de estos residuos son empleados como alimentos de animales domésticos. En los demás componentes son similares a excepción de otros, (no se conoce a qué tipo de sustancias corresponde más específicamente).

7.3. SELECCIÓN TIPO DE RELLENO

7.3.1. Relleno Sanitario Manual

Es una tecnología que se aplica cuando la mano de obra está disponible. Los obreros del relleno sanitario manual realizan todas actividades a mano: descarga, colocación, compactación y cubierta de los desechos, así como el mantenimiento de cunetas, construcción de chimeneas y drenajes de lixiviados, excavación de nuevos módulos etc. La tecnología del relleno manual tiene sus limitantes, la compactación del material es menos eficiente y por consecuencia la estabilidad del cuerpo de los residuos no permite alturas elevadas. Esta situación resulta en la necesidad de un mayor espacio con el consecuente aumento en la producción de aguas lixiviadas. No obstante estas desventajas, suele ser la solución más conveniente para municipios y comunidades pequeñas, ubicados en sitios aislados y con escasos recursos económicos.

7.4. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL RELLENO

El relleno sanitario manual es una tecnología que se aplica cuando la mano de obra está disponible más fácilmente que la maquinaria que haría el mismo trabajo. No obstante estas desventajas suele ser la solución más conveniente para municipios y comunidades pequeñas, ubicados en sitios aislados.

En la presente investigación, se determinó que la producción de residuos sólidos en la comunidad Blanca Flor variará de 303,3 m³ en el año 2016 hasta 337,7 m³ en el año 2025. Para lo cual se diseñó un relleno con un volumen total de 3.208 m³, con las siguientes dimensiones: 3 m de altura, ancho de fondo 26 m, ancho de la superficie 30 m y largo 38,2 m. Además contará con infraestructura periférica consistente en: vías de acceso, drenaje pluvial de aguas de lluvia, cerco perimetral, área de amortiguamiento y protección y caseta de control.

8. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos y su confrontación respecto a la bibliografía especializada, es posible efectuar las siguientes conclusiones:

- Por las características de la localidad (100% rural), para la gestión de residuos sólidos en la comunidad Blanca Flor, se seleccionó el tipo de relleno sanitario manual, el mismo que es una adaptación del concepto de relleno sanitario para las pequeñas poblaciones que por la cantidad y el tipo de residuos que producen, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el equipo pesado debido a sus altos costos de operación y mantenimiento.
- La producción de residuos sólidos en la comunidad de “Blanca Flor” ubicada en el municipio de “San Lorenzo”, provincia “Madre de Dios” del departamento Pando, para el año en que se realizó la investigación (2015), el volumen promedio alcanzo los 299,7 m³. Considerando que el volumen incrementará paralelamente al crecimiento de la población se hizo la proyección para los siguientes años, estimándose volúmenes de 303,3 m³ para el año 2016 hasta alcanzar 337,7 m³ para el año 2025.
- Las principales características técnicas del relleno sanitario son los siguientes: La capacidad máxima del relleno proyectado para los próximos 10 años es de 3.208,08 m³; Para lo cual se diseñó un relleno sanitario de 3 m de altura, 26 m de ancho en el fondo, 30 m en el ancho de la superficie externa y 38,2 m de largo; los mismos que tendrán celdas anuales y mensuales, en función a la producción de residuos, además contará un área de amortiguamiento donde se construirá infraestructura auxiliar como son: vías de acceso, drenaje perimetral de aguas de lluvia, lixiviados, cerco perimetral y caseta de control.

9. RECOMENDACIONES

A partir de las conclusiones de la presente investigación, es posible efectuar de manera preliminar las siguientes recomendaciones:

- De acuerdo al tamaño de la población se determinó el diseño y tipo de relleno (*manual*), de acuerdo al cumplimiento de normatividad, por tratarse de comunidades con menor número de habitantes. Por otra parte no requiere equipos pesados permanentes solo para el acondicionamiento inicial del lugar.)
- Por tratarse la disposición de residuos sólidos, una competencia de los gobiernos municipales, se recomienda poner los resultados de la presente investigación a conocimiento de las autoridades del Gobierno Autónomo Municipal de San Lorenzo, para que puedan tomar las decisiones más acertadas, de modo que los residuos sólidos que se producen en la localidad no tengan efectos adversos a la sociedad ni al medio ambiente.
- Se recomienda con proseguir en la investigación con un estudio de impacto ambiental enmarcada en las normas de legislación ambiental (Ley 333 y su reglamento), tomado en cuenta los parámetros y características sugeridas en la presente investigación; este estudio podrá ser efectuado por otra investigación a nivel de tesis u otra modalidad de graduación de la carrera de Ingeniería Ambiental u otra afín como licenciatura en Biología.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta, E. (2007) *Zapotecos del Istmo de Tehuantepec, Pueblos Indígenas del México Contemporáneo, Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, CDI, México.*
- Alegre, M.; Cantanhede, A., & Sandoval, L. (1998) *Guía Para El Manejo De Residuos Sólidos En Ciudades Pequeñas Y Zonas Rurales, CEPIS, División de Salud, HEP/OPS, Agencia Española de Cooperación Internacional (AECI), España.*
- Benavides, N. (2007). *Modelo de gestión integral de rellenos sanitarios manuales, para poblaciones entre 15.000 y 30.000 habitantes en el Ecuador. Tesis de Grado para optar al grado de Magíster en Gestión Ambiental. Universidad Internacional SEK Facultad de Ciencias Ambientales. Quito, Ecuador.*
- Cevallos, J. & P. Ospina, (1999), *Evaluación de Impactos e Indicadores Ambientales del Ecuador. Fundación Natura, Quito-Ecuador.*
- Conesa V. (1995), *Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental, 2da. Edición. Madrid, España.*
- Cueva, H. (1997), *Metodologías de Evaluación de Impacto Ambiental. Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia. Colombia.*

De La Torre, F. (2009), *Estudio de Impacto Ambiental del Relleno Sanitario Inga Bajo de Quito*, Quito – Ecuador, pp1-5.

Espinoza & Páez, (2001), *Guía de Evaluación de Impactos Ambientales para Municipios*. La Paz, Bolivia.

Gerard, K. (1999) *Ingeniería Ambiental, fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Volumen III. España.

Hernández R.S. Fernández, C. & Baptista, P.L. 1991. *Metodología de la Investigación*. McGraw- hill.

Jaramillo, J. (2002), *Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos sanitarios Manuales*, CEPIS. Cali, Colombia.

Landín, C. & Rodríguez, R. (1994). *Manejo de Desechos Sólidos en el Ecuador*, Fundación Natura. 1994.

Medina, E. (2008). *Guía Práctica para hacer de tu comunidad una Comunidad Saludable*, Lima, Perú. 2008.

Meza T. 2001. *Alternativas Metodológicas en Evaluaciones Ambientales*. Consultora M.M- Ambiente. Quito.

- MMAA-VMAPSB (2010). *Guía para la Implementación, Operación y Cierre de Rellenos Sanitarios – 1era Versión*. Ministerio de Medio Ambiente y Aguas-Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico. La Paz. Bolivia.
- MMyA (s.f.). *Guía para el diseño, construcción, operación y cierre de rellenos sanitarios*. Bolivia.
- Núñez, B. (2004). *Manual Práctico Para El Consumidor y Usuario, Reciclaje de Residuos Domésticos*, Numero 6, UNAE, Madrid.
- Rihm, A. (2001). *Estructura de un Plan de Gestión de Residuos Sólidos Domiciliarios*. Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente, Chile.
- Rivera, J. (2012). *Relación entre la producción per cápita de residuos sólidos domésticos y factores socioeconómicos, en el municipio de Quillacollo, Cochabamba, Bolivia*.
- Vargas, M. (2012). *Efectos contaminantes producidos por los residuos sólidos domiciliarios, según estratos sociales, en la ciudad de Cobija. Tesis de Grado para optar al grado de Licenciado en Biología. Universidad Amazónica de Pando, Área de Ciencias Biológicas y Naturales*. Cobija, Bolivia.
- Viceministerio de Agua Potable y Saneamiento Básico. *Dirección General de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2013)*. Diagnóstico de la Gestión de Residuos Sólidos en Bolivia. La Paz, Bolivia.

ANEXOS

ANEXO N° 1

Equipo de materiales para el respectivo pesado de los residuos sólidos recolectados de las diferentes casas de la localidad Blanca Flor.



ANEXO N° 2

Identificación y marcado, bolsas de polietileno para recojo y clasificación

De los diferentes tipos de residuos sólidos.



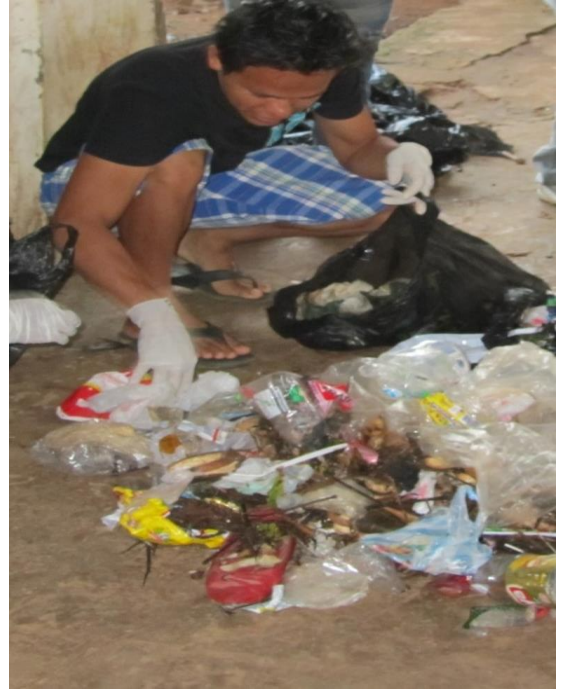
ANEXO N° 3

Recojo de los residuos sólidos para proceder con el pesado de los mismos



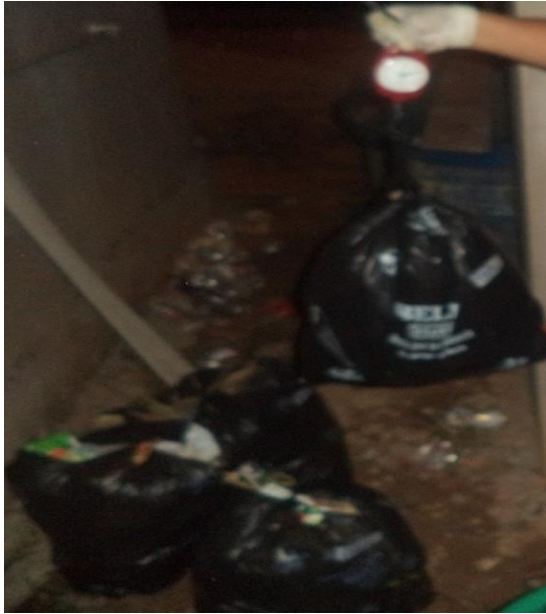
ANEXO N° 4

Homogenización de los residuos sólidos y sistema de cuarteo



ANEXO N° 5

Pesado de los residuos sólidos por separado



ANEXO N° 7

Descripción de la localidad Blanca Flor, sede del municipio San Lorenzo



ANEXO N° 8





Depósito de los residuos sólidos en diferentes lugares

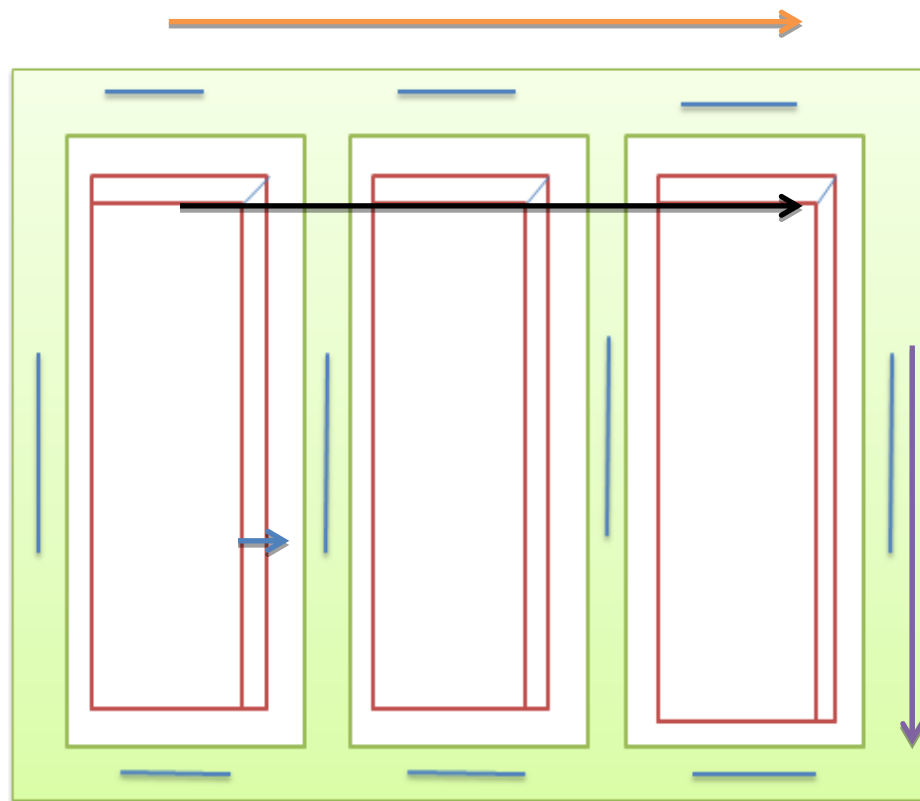
Inadecuados, localidad Blanca Flor



ANEXO N° 9

Diseño del relleno sanitario (método trinchera)

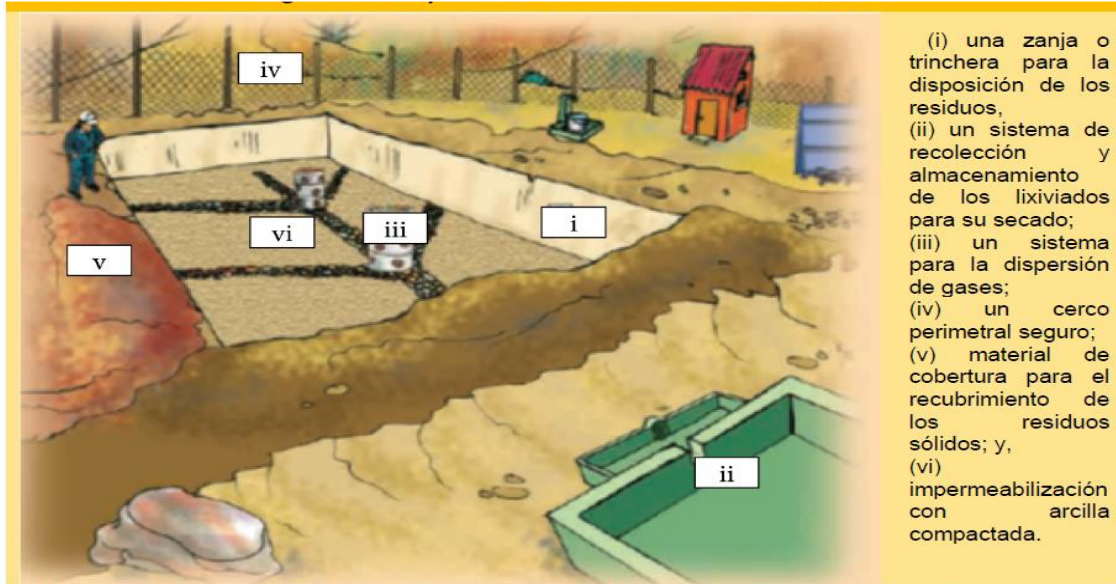
-  3. m de altura
-  26 m. ancho de fondo
-  30 m ancho de superficie
-  38,2 m. de largo



Fuente: (Elaboración propia)

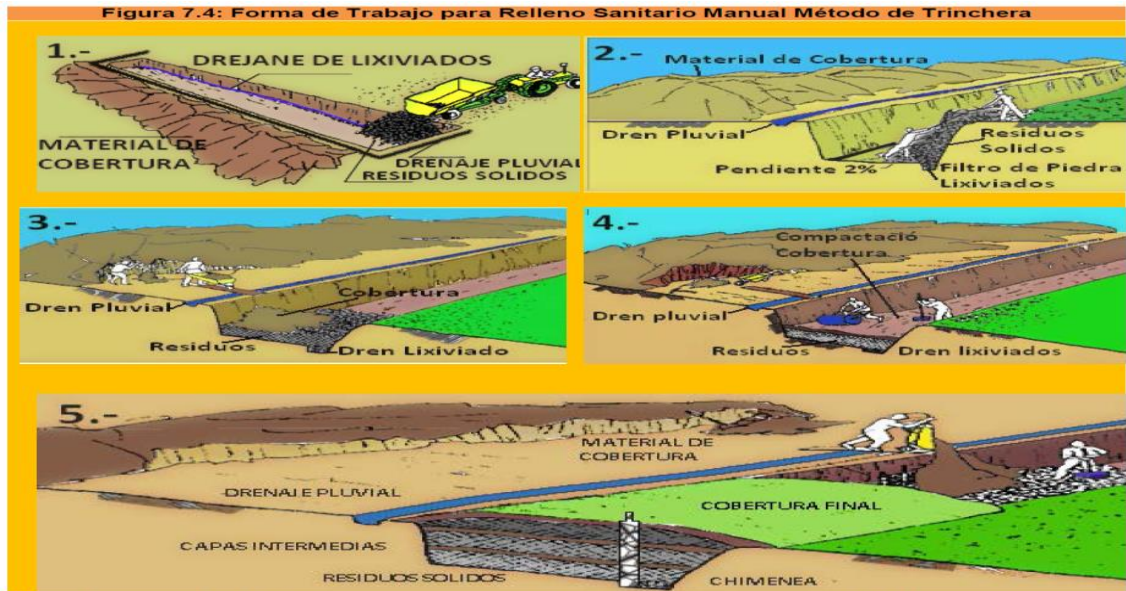
ANEXO N° 10

Esquema de un relleno sanitario manual



Fuente: Rellenos Sanitarios para Poblaciones Menores a 10.000 habitantes, Cooperación Danesa, Bolivia, 2008

Forma de trabajo en el relleno sanitario (método trinchera)



Fuente: (Cooperación danesa, Bolivia 2008)

ANEXO N° 11

Equipo de protección personal para el personal de aseo y recojo de los residuos solidos



Fuente : (MMAyA)

Ropa de Trabajo (overoles)

Ropa de Trabajo para época de lluvia (impermeables)

Guantes de goma y de cuero.

Botines de seguridad

Botas de Goma para épocas de lluvia.

Filtros o barbijos según el caso.

ANEXO N° 12

Personal de administración y operación del relleno sanitario

Personal Requerido		Relleno con Compactación Mecanizada		Personal para Relleno Manual
		Personal para Relleno Mediano	Personal para Relleno Grande	
Jefe de Relleno Sanitario		1	1	0
Ayudante del Jefe de relleno		0	1	0
Técnico de laboratorio o químico		0	1	0
Chofer de Maquinaria pesada (tractor, oruga, pala, retroexcavadora)		2	3	0
Mecánico para reparación de maquinaria pesada.		1	1	0
Técnico mecánico para reparación de vehículos y otros equipos.		0	1	0
Responsable de balanza y portería		1	2	1
Obreros para el relleno	Colocado, compactado y cubierta de residuos			
	Construcción de chimeneas			
	Limpieza de Canales de drenaje y cunetas	3	6	8
	Mantenimiento de planta de tratamiento de lixiviados			
Total de Personal		8	16	9

Fuente: (MMAyA).