



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**“DISEÑO DEL PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DE RESIDUOS
SÓLIDOS, EN EL CASCO URBANO DEL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL DEL
SUR, DEPARTAMENTO DE MANAGUA”**

Para optar al título de Ingeniero Civil

Elaborado por

Br. Kevin Alexander Ortiz Hernández

Br. Brayan José Cruz Calderón

Tutor

M.Sc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado

Managua, abril 2021

DEDICATORIA

A Dios, por bendecir siempre mi camino, darme la sabiduría y las fuerzas para seguir adelante siempre.

A mi madre Eliette Rebeca Hernández Alvarado y a mi padre Walter Cristóbal Ortiz Leiva, que con mucho sacrificio y esfuerzo me han apoyado siempre para que pueda cumplir mis metas. Siempre han estado para mí, a pesar de cualquier dificultad.

A mis hermanos Osmar Ortiz Hernández y Melissa Ortiz Hernández.

A mi esposa Amy Paola Avellán Siú, que es mi apoyo incondicional en todo.

A mis tíos y tías de los cuales siempre he tenido un gran apoyo.

A los maestros, que con paciencia han transmitido sus conocimientos durante nuestro ciclo.

A todas las personas que de una u otra manera siempre me han demostrado su afecto, amistad y confianza.

Br. Kevin Alexander Ortiz Hernández

DEDICATORIA

A Dios, por darme la vida, sabiduría y fortaleza de luchar día a día durante todo el transcurso de estos cinco largos años y estar el día de hoy logrando una de mis más grandes metas en la vida.

A mi madre, Ana Calderón Sandoval, por jugar el papel de padre y madre, por brindarme su amor incondicional durante estos 23 años, por su apoyo emocional y económico, por brindarme esos consejos que siempre me inspiraron a seguir adelante y dar todo de mí mismo, una madre que no me ha dejado solo en ningún momento.

A mi hermano, Dr. Adrián Cruz Calderón, por ser un ejemplo a seguir para mí, persona que ha tratado de hacer las cosas bien todo el tiempo y dejar en mí una excelente imagen de perseverancia y superación, alguien que me ha enseñado que todo cuesta en esta vida, y que al final todos los esfuerzos dan frutos.

A mis tíos, Miguel Calderón Sandoval y Jacqueline Calderón Sandoval, por ser un apoyo emocional para mí en todo momento, personas las cuales siempre están dispuestas a darme aquel consejo que necesito en el momento exacto de mi vida, por siempre darme alientos de perseverancia y animarme a seguir adelante.

A mis primos, por verme como su hermano menor, por confiar en mis esfuerzos y ayudarme en todos los momentos en donde debía tomar decisiones difíciles, por ser el claro ejemplo de que la familia son todas las personas que nos rodean y nos dan su amor día a día.

A mis compañeros, los cuales batallaron a mi lado durante todo el transcurso académico, en donde compartimos las más contundentes victorias, así como las más duras derrotas, personas las cuales no solo llegue a ver como compañeros de clases si no como fieles amigos.

A mis maestros, por brindarme el pan de enseñanza día a día, por compartir sus conocimientos y regalarme experiencias y consejos, los cuales son de vital importancia para mi futuro.

Br. Brayan José Cruz Calderón

AGRADECIMIENTOS

A Dios nuestro padre celestial, por habernos regalado la sabiduría e iluminarnos durante nuestra formación académica hasta lograr culminar nuestra carrera profesional.

A nuestro tutor, MSc. Ing. José Ángel Baltodano Maldonado, por brindarnos su ayuda y compartir sus conocimientos paciente y dedicadamente en la elaboración de nuestro trabajo.

A la Alcaldía Municipal de San Rafael del Sur, por habernos proporcionado su apoyo y estar a nuestra disposición durante la investigación realizada.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron a la realización de este proyecto investigativo, ya que sin ellos y las instituciones antes mencionadas no hubiese sido posible la culminación de este trabajo.

Br. Kevin Alexander Ortiz Hernández

Br. Brayan José Cruz Calderón

RESUMEN

El actual manejo de los residuos sólidos urbanos del municipio se realiza de forma deficiente principalmente por la carencia de recursos financieros, la falta de personal capacitado para la prestación del servicio y la falta de conciencia ambiental de la población, por lo cual la alcaldía municipal precisa de instrumentos que contribuyan al mejoramiento de la gestión de los residuos sólidos, con estos objetivos se realiza el trabajo investigativo para el diseño del (PIGARS) San Rafael del sur con el cual se podrán mejorar las condiciones sanitarias del municipio. Este diseño está proyectado para 15 años.

Se realizó una encuesta en la población con el fin de evaluar el servicio de recolección residuos sólidos por parte de la Alcaldía municipal. De igual manera se requirió la colaboración de los habitantes de la ciudad para la recolección de las muestras de residuos sólidos para su posterior caracterización para el diseño de la disposición final de los mismos. Esta consistió en la recolección de los residuos durante 8 días consecutivos en las viviendas seleccionadas para su posterior pesaje, cálculo de densidades y determinación de la composición física mediante el método del cuarteo.

Para la disposición final se contará con un sitio de disposición final de desechos sólidos y sub productos, ubicado a 1.42 Km de la ciudad, con una extensión de 5.95 Ha siendo el área requerida para la implementación del relleno sanitario de 2.06 Ha, se cumple de esta manera con los requerimientos técnicos y ambientales propios de este tipo de proyecto. Se realizaron investigaciones para conocer la topografía del terreno y las características hidrológicas, así como también, se realizó una prueba de infiltración en el terreno y se hicieron evaluaciones sociales y ambientales para determinar si el terreno es apto para el relleno sanitario.

CONTENIDO

I. GENERALIDADES	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	5
1.4.1. Objetivo general	5
1.4.2. Objetivos específicos	5
II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	6
III. MARCO TEÓRICO.....	33
3.1. Residuos sólidos.....	33
3.1.1. Definición de Residuos Sólidos:	33
3.1.2. Clasificación de los residuos sólidos:	33
3.1.3. Tipos de residuos.....	36
3.1.4. Manejo de desechos sólidos:	38
3.1.5. Métodos comunes para estimar la cantidad de desechos sólidos: .	40
3.1.6. Importancia de la obtención de datos de la caracterización de los desechos sólidos:.....	41
3.1.7. Composición de los Desechos Sólidos:	41
3.1.8. Densidad de los desechos sólidos:	42
3.2. Rellenos sanitarios	43
3.2.1. Tipos de rellenos sanitarios:.....	43
3.2.2. Método de construcción de un relleno sanitario:	46
3.2.3. Principios básicos de un relleno sanitario:	48
3.2.4. Pasos para el diseño de un relleno sanitario:.....	49
3.2.5. Aspectos a considerar a la hora de seleccionar y evaluar el sitio: ..	51
3.3. Generación de residuos sólidos:.....	55
3.3.1. Los parámetros en los que se puede expresar la generación de desechos.....	56
3.4. Efectos de una adecuada gestión de desechos sólidos:	58
3.5. Efectos negativos de una inadecuada gestión de desechos sólidos:	60
3.6. Marco legal para el manejo de desechos sólidos:	62
IV. DISEÑO METODOLÓGICO.....	65
4.1. Tipo de estudio:	65
4.1.1. Materiales y métodos:	65
4.2. Localización del área en estudio:.....	66

4.2.1. Criterios a Considerar:	67
4.2.2. Otros Criterios a considerar:	68
4.3. Parámetros que se deben considerar en el análisis y evaluación del sitio en estudio.	68
4.4. Procedimiento utilizado para realizar el estudio:.....	69
4.4.1. Universo del estudio:.....	69
4.4.2. Determinación del número de muestra:	70
4.4.3. Variables e indicadores del estudio.....	71
4.4.4. Promocionar, motivar y lograr la participación de la población:	72
4.4.5. Determinación de la densidad.....	72
4.5. Justificación técnica de la metodología seleccionada:.....	73
4.6. Elaboración del Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos:	74
4.6.1. Paso 1: Organización local para el desarrollo de un PIGARS.....	75
4.6.2. Paso 2: Diagnóstico situacional sobre la gestión de residuos sólidos y validación del mismo	76
4.6.3. Paso 3: Establecimiento de los objetivos y alcances del PIGARS: .	82
4.6.4. Paso 4: Definición de Lineamientos Estratégicos:.....	82
4.6.5. Paso 5: Formulación del plan de acción del PIGARS:	82
4.7. Disposición final de los residuos sólidos y subproductos:.....	84
4.7.1. Evaluación de sitios:.....	84
4.7.2. Evaluación ambiental:	85
4.7.3. Investigaciones hidrogeológicas:.....	90
4.8. Cálculo de los volúmenes de los desechos sólidos y área requerida para el relleno sanitario:.....	90
4.8.1. Diseño de las trincheras para el relleno sanitario:.....	92
4.8.2. Método simplificado para la estimación de líquidos percolados:	93
4.9. Diseño de tratamiento de lixiviados:	94
4.9.1. Definición del Caudal de Diseño:	94
4.9.2. Calidad de los lixiviados:	94
4.9.3. Cálculo de la Fosa Séptica:.....	95
4.9.4. Filtro Anaerobio:.....	96
V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	100
5.1. Paso N°1. Organización Local para el desarrollo de un PIGARS.	100
5.2. Paso N°2. Diagnostico Situacional sobre la Gestión de Residuos Sólidos	102
5.2.1. Aspectos gerenciales, financieros y administrativos	102
5.2.2. Caracterización de los residuos sólidos	104
5.2.3. Evaluación del manejo actual de residuos sólidos	111

5.3. Paso N° 3: Establecimiento de los objetivos y alcances del PIGARS..	124
5.5. Paso N.º 4. Definición de lineamientos estratégicos.	126
5.5.1. Periodo de planificación.....	127
5.6. Paso N.º 5: Formulación del plan de acción del PIGARS	128
5.6. Estrategia de implementación del PIGARS	146
5.7. Disposición final de residuos sólidos	147
5.7.1. Evaluación del sitio.....	147
5.7.2. Investigaciones hidrogeológicas:.....	151
5.7.3. Estudio de suelo.....	151
5.8. Cálculo de volúmenes de los desechos sólidos y área requerida para relleno sanitario.	155
5.8.1. Cálculos para el volumen de trinchera y dimensionamiento de la misma.....	158
5.9. Generación de lixiviado y tratamiento primario:	160
5.9.1. Estimación del volumen de lixiviado generado por el relleno Sanitario	160
5.9.2. Cálculo de la fosa séptica	161
5.9.3. Diseño del filtro anaerobio.....	165
5.9.4. Cálculos para pozo de infiltración.....	166
5.9.5. Drenaje pluvial externo.....	166
5.10. Drenaje de gases.....	168
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	169
6.1. Conclusiones	169
6.2. Recomendaciones	170
VIII. BIBLIOGRAFÍA	172
ANEXOS	I

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla No.1. pendientes Predominantes en el área Urbana:.....	9
Tabla No.2. sector Primario.....	12
Tabla No.3. sector Secundario	13
Tabla No.4. sector Terciario	14
Tabla No.5. Área de servicios institucionales.....	16
Tabla No.6. sectorización de abastecimiento de agua.	22
Tabla No.7. Revestimiento Vial	27
Tabla No.8. vías según su tipo de superficie.....	28
Tabla No.9. Estado físico de red vial en el área urbana.....	28
Tabla No.10. Clasificación de rutas.....	29
Tabla No.11. Ventajas y desventajas de un relleno sanitario:.....	54
Tabla No.12. Vectores transmisores de organismos patógenos	61
Tabla No.13. Distribución poblacional municipal.....	70
Tabla No.14. Variables e indicadores del estudio	71
Tabla No.15. Aspectos e Indicadores, evaluación Socio-ambiental y natural: .	85
Tabla No.16. Evaluación del Sitio Según NTON 04-014 01	86
Tabla No.17. Evaluación Socio-ambiental del sitio del vertedero actual:	88
Tabla No.18. Datos básicos de diseño para estimar volúmenes.....	91
Tabla No.19. Valores que toma el Coeficiente K.....	93
Tabla No.20. Parámetros del Estudio de Lixiviados	95
Tabla No.21. Mapeo de Actores de PIGARS-San Rafael del sur.....	100
Tabla No.22. Distribución muestral	104
Tabla No.23. Tendencias de PPC en Nicaragua.....	106
Tabla No.24. Composición física de los residuos.....	108
Tabla No.25. Densidad de residuos sólidos	109
Tabla No.26. Tendencia de densidades de residuos sólidos en Nicaragua ...	110
Tabla No. 27 medición de Macro y microruteo	117
Tabla No. 17. Evaluación Socio-ambiental del sitio del vertedero actual:	149
Tabla No.28. Prueba de infiltración	154
Tabla No.29. Datos básicos para el diseño de Relleno sanitario	155
Tabla No.30. Cálculo del área requerida del relleno sanitario. (100% de RS depositados).....	156
Tabla No.31. Cálculo del área requerida del relleno sanitario. (90% de RS depositados).....	157
Tabla No.32. Dimensiones de la Fosa séptica del primer período	165

Tabla No.33. Dimensiones del FAFA (Filtro anaeróbico de flujo ascendente) 165

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No.1. Micro localización	8
Figura No.2. Etapas para el manejo y Gestión de RSU	38
Figura No.3. Relleno sanitario manual	43
Figura No.4. Relleno sanitario Mecanizado.....	44
Figura No.5. Relleno sanitario Semi-mecanizado	45
Figura No.6. Método de la zanja	46
Figura No.8. Estructura del Relleno Sanitario	51
Figura No. 9 Tiempos de desintegración de algunos materiales.....	56
Figura No.10. Macro localización	67
Figura No.11. Esquema Grafico para la planificación del PIGARS	74
Figura No.12. Método del cuarteo	79
Figura No.13. Valores de PPC de muestreo por día	105
Figura No.14. Clasificación física de los residuos	109
Figura No.15. Ruta de estudio de Macro y microruteo Barrios La Bolsa y Las Piedrecita Norte-Sur.....	117
Figura No.16. Opinión de los encuestados sobre el manejo de los residuos sólidos por parte de la Alcaldía.	122
Figura No.17. Destino de los residuos en sitios encuestados.	124
Figura No. 18. Croquis prueba de infiltración	152
Figura No.19. Dimensiones del canal de drenaje pluvial.....	168

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía No.1. Entrega de Bolsas plásticas en viviendas	106
Fotografía No.2. Pesaje para obtención de densidades de RS.....	110
Fotografía No.3. Carretones utilizados para barrido de calles	113
Fotografía No.4. Camiones de recolección de RS	115
Fotografía No.5. Condiciones del vertedero actual	120
Fotografía No.6. Animales que ingresan al vertedero	120
Fotografía No.7. Vertedero ilegal en zona periurbana.....	123
Fotografía No.8. Prueba de Infiltración realizada In Situ	154

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Guía de Encuesta.....	I
Anexo 2. Distribución muestral.....	V
Anexo 3. Tabla PPC.....	VI
Anexo 4. Clasificación física.....	X
Anexo 5. Densidad de Residuos sólidos	XI
Anexo 6. Lecturas de prueba de Infiltración	XII
Anexo 7. Tablas de precipitaciones de San Rafael del Sur.....	XIII
Anexo 8. Calidad de Lixiviados utilizados del Municipio de Mateare.....	XV
Anexo 9. Coeficiente de escorrentía según disposiciones del suelo.	XVI
Anexo 10. Intensidades estación pluviométrica campos azules Masatepe ...	XVII
Anexo 11. Curva IDF estación pluviométrica Campos azules Masatepe	XIX
Anexo 12. Rol de recolección municipal.....	XX
Anexo 13. Manual de operaciones y mantenimiento del relleno sanitario.....	XXI
Anexo 14. Fórmulas utilizadas	XXXII
Anexo 15. Planos	XL

I. GENERALIDADES

1.1. Introducción

Un problema que suele ser muy común en los países latinoamericanos, y que está muy arraigado en nuestro país, es el mal manejo de los residuos sólidos. En Nicaragua no existe cultura y mucho menos costumbres que insten a los pobladores a tomar en cuenta el buen manejo de los desechos sólidos que conlleve a minimizar las cantidades de desechos que son depositados en los vertederos a cielo abierto que son los centros de uso más frecuente a nivel nacional. Otro factor que influye mucho es la falta de financiamiento para que las autoridades locales lleven a cabo un planeamiento adecuado y se tenga además la infraestructura para la disposición final adecuada de los desechos.

El terreno en estudio está localizado en la ciudad de San Rafael del Sur, municipio perteneciente al departamento de Managua, está ubicado entre las coordenadas 11° 50' de latitud norte y 86° 26' de longitud oeste, este posee una extensión territorial de 357.3 km² y una población total municipal de 42417 habitantes en el año 2005 según datos del censo del Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE).

Teniendo en cuenta los efectos del cambio climático, se ha cambiado la percepción acerca de las consecuencias de los actos del ser humano. Por tal razón se han dictado leyes que exigen la creación de planes de manejo integral de desechos sólidos. Por lo que el motivo de la presente investigación es diseñar un plan de gestión integral de desechos sólidos en el casco urbano del municipio de San Rafael del Sur y de esta manera brindar una herramienta para controlar el manejo de los desechos sólidos. La investigación contiene una propuesta para el diseño del Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos (PIGARS) para el municipio, para esto se elaboró un diagnóstico de residuos sólidos enfocado a la problemática de la producción, recolección, transporte y disposición final de los desechos sólidos del municipio, así como una evaluación de impacto ambiental que se generará producto de las actividades de disposición final.

1.2. Antecedentes

En la mayor parte de ciudades y municipios de Nicaragua el manejo de desechos sólidos se realiza de una forma inadecuada, se utilizan formas de disposición final muy perjudiciales para el medio ambiente. Según el informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010 el 59.3 % de los desechos producidos en Nicaragua se depositan en vertederos a cielo abierto. Esta situación es muy preocupante porque atenta contra la salud de la población y el ecosistema.

San Rafael del Sur cuenta con un servicio de recolección de basura de 3 veces a la semana, y la generalidad es el trabajo en el sector urbano, actualmente a nivel global el servicio tiene una cobertura del 40%, lo que significa que se atiende a una población aproximada de 20,000 habitantes en la actualidad, según datos del señor Hugo Castro, director de servicios municipales. De los desechos totales calculados en el municipio que son 1500 m³ la municipalidad tiene una capacidad de recolectar 1300 m³ quedando un total de 200 m³ sin recolectar y son depositados en basureros clandestinos y posibles focos de vectores.

La municipalidad cuenta con dos camiones recolectores de basura uno de ellos con un uso de más de 10 años por lo que su estado se ha catalogado de regular, ambos camiones tienen capacidad de 8 m³ en donde se realiza transporte de residuos orgánicos y voluminosos. Además, se ofrece el servicio de barrido de calles con un total de 10 operarios, los cuales realizan un total de 12 kilómetros de barrido de calles lo que se asigna 1.2 km de vía barrido por operario.

San Rafael del Sur cuenta con un vertedero a cielo abierto en donde se depositan los desechos sólidos, peligrosos y no peligrosos en un terreno de 2 manzanas, actualmente aprovechado en un 100%. Este se encuentra ubicado a 700 metros de la zona urbana.

1.3. Justificación

La acumulación de desechos en las calles y cunetas generados por el acelerado crecimiento poblacional es algo común en gran parte del territorio nacional, esto a la vez de que no es nada estético a nivel visual, tampoco es productivo dejar pasar por alto ya que origina criaderos de plagas distribuidas en gran parte de la zona urbana. Esto a su vez se ve más afectado en cierta parte de la zona rural, donde grandes áreas son usadas como vertederos a cielo abierto.

La situación actual del manejo de desechos sólidos en San Rafael del Sur es deficiente debido a que los operarios son pocos, solo se cuenta con dos camiones para la recolección y el sitio de disposición final no es utilizado correctamente.

La mala disposición final de los residuos sólidos del municipio de San Rafael del Sur sobrellevó a la generación del botadero a cielo abierto teniendo las siguientes problemáticas ambientales:

- Contaminación del suelo y aguas subterráneas.
- Contaminación del aire debido a la quema de basura.
- Proliferación de los vectores.
- Enfermedades; la falta de un diagnóstico por parte del Ministerio de Salud (MINSA) de las enfermedades producidas por el botadero del municipio y las afectaciones a las zonas aledañas a él.
- Se percibe una débil cultura de higiene ambiental en la población para apoyar las labores de limpieza y recolección de los residuos sólidos, como consecuencia de esto existe un estrés entre los pobladores y la municipalidad.

La necesidad de un plan de gestión de desechos sólidos se sustenta con el déficit financiero provocado por los siguientes factores: Insuficiencia operacional en la gestión de cobro por tarifas del servicio de recolección, tarifas desactualizadas para cubrir los gastos operativos y a la falta de una estrategia para incentivar la cultura de pago de la población.

El plan de gestión integral de desechos sólidos propuesto consiste en satisfacer las necesidades de los habitantes del municipio de San Rafael del Sur sobre un manejo adecuado de los desechos sólidos y que las autoridades municipales tomen en cuenta el funcionamiento de dicho plan y que a la vez fomenten en la población el hacer conciencia sobre el impacto ambiental causado.

Los beneficios de la implantación del PIGARS – San Rafael del sur son:

- Desarrollo de un proceso sostenido de mejoramiento de la cobertura y calidad del servicio de limpieza pública.
- Promoción y fomento dirigido al aprovechamiento y valorización de los residuos.
- Mitigación de los impactos ambientales negativos originados por el inadecuado manejo de los residuos sólidos.
- Promoción de mecanismos de participación de la población e instituciones claves en las iniciativas del mejoramiento del sistema de gestión de residuos sólidos.
- Incremento de los niveles de educación ambiental en la población.
- Oportunidad de implementar modelos de gestión de recursos humanos “Estructuras gerenciales” apropiadas para la gestión ambiental de los residuos sólidos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

1. Diseñar el plan integral de gestión de residuos sólidos en el casco urbano del municipio de San Rafael del Sur, departamento de Managua.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en el casco urbano, desde un punto de vista de la producción per-cápita y composición física; a fin de estimar los volúmenes de producción de los mismos.
2. Evaluar los aspectos Administrativos, Financieros y Técnicos–Operativos, ligados al servicio de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos urbanos.
3. Proponer un plan de acción adecuado, eficaz y eficiente de los residuos sólidos generados en el área urbana de la ciudad, a fin de prevenir y reducir los riesgos para la salud pública y el ambiente.
4. Realizar propuesta de diseño del micro y macro ruteo de la ruta de recolección de desechos sólidos.
5. Diseñar una propuesta de disposición final de los desechos sólidos y subproductos.

II. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO

2.1. Caracterización del área de estudio:

El poblado de San Rafael del Sur fue fundado en 1794 por las familias Gutiérrez, Sánchez, Espinoza, Mendoza, Navarro, Rizo entre otras, originadas del mestizaje producido con los integrantes de un navío de Valencia, España el cual naufragó frente a las costas de lo que hoy día es Masachapa y de esta forma se dio origen a las primeras familias antes mencionadas y a los primeros asentamientos humanos en la zona. Fue constituido como municipio el 11 de enero de 1831. Se elevó a la categoría de ciudad en 1956 por decreto del Soberano Congreso Nacional.

Surge como una pequeña unidad de población a partir de grupos que se fueron juntando atraídos por la agricultura, la pesca y minería de piedra trabajada de manera artesanal; así como por el resultado del constante intercambio comercial de productos.

Las localidades ubicadas en zonas costeras del Municipio, en el Océano Pacífico (muy ricas en peces y mariscos) y las ubicadas en las riberas del río Jesús en el territorio, fueron un factor importante para la conformación de las agrupaciones habitacionales ya que desde entonces los habitantes utilizaban este recurso para su consumo y asentamiento.

En 1943 con la instalación de la compañía nacional productora de cemento CANAL para explotar los yacimientos minerales del territorio. Estudios geológicos de esta zona revelan que estuvo sumergida bajo el mar en el período cuaternario cuya evidencia son los fósiles y calizas marinas encontradas en los yacimientos.

El auge y crecimiento de la industria Cementera atrajo mucha población que emigro hacia el municipio y se asentó en las localidades vecinas, entre ellas San Rafael, conformando así una pequeña red de comarcas y caseríos.

El municipio de San Rafael del Sur se localiza en el sector sur del Departamento de Managua.

Extensión Territorial: 375km²

Extensión Territorial Urbana: 1.86km²

Población Total: 45,231 habitantes (2003)

Población Urbana: 9499 habitantes (2003)

Densidad Poblacional: 121 hab/km²

Densidad Poblacional Urbana: 5,107 hab/km²

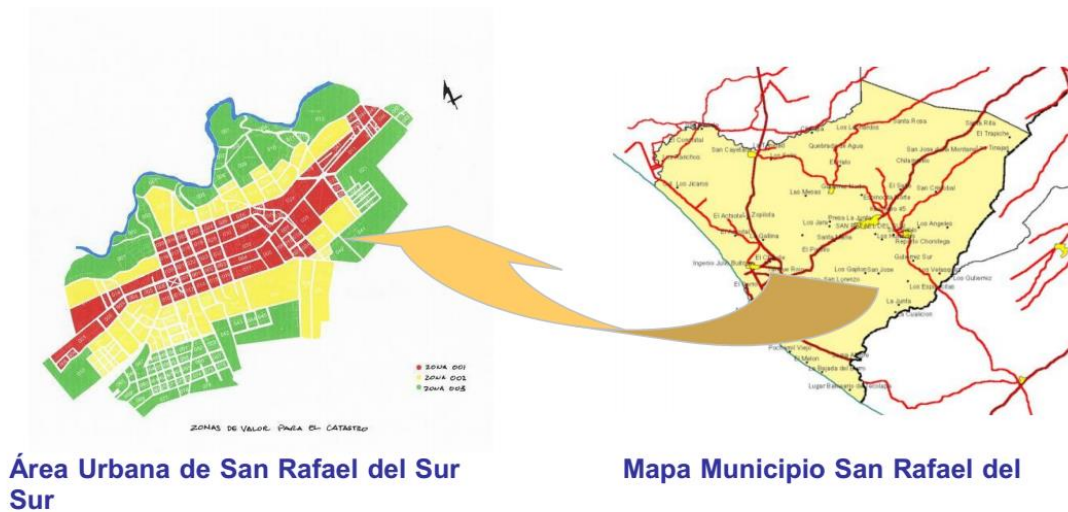
Límites del municipio:

- Al Norte con el Municipio Villa del Carmen o Villa Carlos Fonseca.
- Al Sur con el Municipio de Diriamba (Dpto. de Carazo) y Océano Pacífico.
- Al este Municipio de El Crucero.
- Al Oeste con el Océano Pacífico.

Límites de San Rafael:

- Al Norte con las Comunidades de Gutiérrez Norte y Sánchez Norte.
- Al Sur con las Comunidades de Los Hurtados y Los Gagitos.
- Al Este con las Comunidades de El Salto y San Pablo.
- Al Oeste con la Comunidad de los Jara.

Figura No.1. Micro localización



2.1.1. Clima y Precipitación:

El clima se clasifica como sabana subtropical a medida que se asciende a las sierras de Managua, comprendida particularmente en una estación de seca, comprendida entre los meses de noviembre a mayo y una estación de lluviosa entre los meses de mayo a octubre, siendo este un periodo de lluvia inconstante caracterizándolo como un municipio de zona generalmente seca.

La temperatura oscila entre los 27.5°y 28°C en las costas del pacifico, alcanzando la temperatura máxima de 34°C, dándose el periodo más caluroso desde marzo hasta mayo y periodos frescos de noviembre a febrero, siendo en general un clima fresco el cual es favorable para el sector agrícola.

Las precipitaciones registradas, varían entre los 1250 y 1300 mm, siendo 1250 en la parte norte y 1300mm en las áreas cercanas al mar; cayendo en dicho periodo un 91% de la lluvia media anual. La humedad relativa ambiental, representa un 65 a 84%, con una evaporación de 194.74mm.

La velocidad media del viento, cursa valores entre los 2.7 y 5.3 mts/seg con un promedio anual de 4mts/seg y una dirección predominante del este-sureste, lo

que indica vientos con velocidades medias que inciden en el ambiente y confort de la población, esto debido a que los vientos provienen de la zona alta del Municipio hacia la parte baja de la ciudad.

La altitud promedio es de 123 m sobre el nivel del mar, alcanzando la máxima de 200 m y la mínima al nivel del mar.

2.1.2. Topografía:

La ciudad, por encontrarse en la zona plana o central del municipio, presenta una topografía con pendientes suaves y menos irregulares en comparación al resto del territorio, constituida por una planicie o plataforma que se define por un parte agua, a partir de la carretera o vía principal (Managua-San Rafael Masachapa) que atraviesa el casco urbano; conformándose así dos pendientes que descienden hacia el sur y norte de la periferia de la ciudad, con rangos que oscilan del 5 al 15% y mayores al 15% respectivamente, con direcciones hacia los ríos San Pablo y Jesús; predominando en el área urbana las pendientes:

Tabla No.1. Pendientes predominantes en el área urbana:

Rango	Zona
2-5%	Céntrica
5-15%	Intermedia Periférica Sur
Más del 15%	Periférica Norte

Fuente: Diagnostico FODMU-UNI, 2003

Debido a las condiciones de crecimiento urbano que presenta la ciudad, la mayor parte de la población se asienta entre los niveles 100 y 200 metros sobre el nivel del mar, con terrenos regulares y pequeñas quebradas que cruzan, con cursos de agua o manantiales permanentes (zona céntrica).

2.1.3. Geología:

La Ciudad de San Rafael del Sur, (según fuente Dirección de Sismología INETER) se encuentra sujeta al igual que Managua y toda la franja del pacífico, a movimientos telúricos de origen volcánico, ubicándose San Rafael del Sur en la zona sísmica volcánica llamada Anillo de Fuego del Pacífico.

De igual manera se encuentra en una zona donde predominan rocas sedimentarias, marinas; rocas volcánicas que presentan alteraciones y fracturas en la parte superficial, lo que indica amenaza sísmica a 15 km de la costa sobre la zona de subducción; al encontrarse un sistema de fallas al noreste del área de estudio, así como también una posible falla enmascarada a 2 km aproximadamente.

Es válido aclarar que a la fecha no se han realizado estudios geológicos precisos en el área urbana de San Rafael del Sur, ni el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER, posee datos precisos.

2.1.4. Hidrología:

La ciudad cuenta con la presencia del río Jesús en la parte norte, demarcando el límite del casco urbano en esta zona. Sin embargo, cabe destacar que el municipio cuenta con un sistema hidrológico que permite actualmente abastecer de agua a la ciudad de San Rafael y comunidades aledañas.

2.1.5. Contaminación:

No existe protección de los cuerpos de agua, y prevalece la contaminación de los ríos con agroquímicos y el envenenamiento para la pesca de camarón, el desagüe de los desechos de la cementera, el flujo de aguas residuales y de los desechos del rastro municipal; sin embargo a pesar de estos agentes contaminantes, se logra apreciar un paisaje agradable, como es la vista que presenta el río Jesús, ubicado al norte del casco urbano delimitando el entorno occidental del municipio; contrario al paisaje urbano, el cual carece de elementos

que revaloricen este componente, ya que la potencialidad de la imagen urbana no ha sido aprovechada.

2.1.6. Actividad económica:

Un 7% de la Población económicamente activa, tienen un puesto de trabajo fuera del Municipio (1,082). Las personas que trabajan fuera del Municipio se dirigen a realizar actividades agrícolas al sector rural, otras participan de la actividad pesquera generada por las comunidades de Pochomil y Masachapa, otras viajan a Municipios vecinos principalmente a la capital Managua, en su mayoría, estas personas que se trasladan a trabajar fuera del Municipio, son varones, debido a las características particulares de las actividades que realizan.

En el área de comercio y servicio por lo general existen sub empleos en el área de comercio informal, como alternativa de empleo ante la falta de los mismos.

Muchos de los puestos de trabajo que ofrece la ciudad en el campo profesional, son ocupados por personas de otras localidades, debido a la falta de calificación profesional existente en el capital humano de la zona, esto se debe principalmente a la falta del servicio educativo en educación superior.

La actividad económica proveniente del municipio de San Rafael del Sur se puede dividir por sectores:

Sector primario: Estas actividades no tienen relevancia en el sector urbano, estas se desarrollan en la zona norte y central del Municipio, principalmente en las comunidades rurales y periferia de la Ciudad, sin embargo, se localizan un total de 9 establecimientos económicos que generan un total de 54 empleos en actividades agrícolas.

Tabla No.2. Sector primario

Rama	Actividad	Establecimientos	Empleos	Hombres	Mujeres
	Agrícola	9	54	28	26
TOTAL		9	54	28	26

Fuente: Levantamiento de campo, Plano de uso de suelo PMDUSRS/Abril/2005

Sector secundario: En el sector urbano del Municipio de San Rafael del Sur, se localizan un total de 138 establecimientos industriales que representan el 22% del total de establecimientos económicos existentes, entre las actividades más significativas en este sector, se encuentran: El transporte generado por la fábrica CEMEX (camiones), ciclo taxis, taxis, buses y microbuses, que ofrecen una cantidad de 415 empleos en el sector urbano, la fábrica de cemento, además de generar actividad económica en transporte, ofrece 362 puestos de trabajo en el área administrativa, mantenimiento, procesamiento y otros, esta cantidad representa el 85% de empleos para la población de San Rafael del Sur. Otra actividad significativa para la economía de la ciudad en este sector, son los talleres de torno, mecánica, metalurgia, entre otros, que generan un aproximado de 210 empleos.

Una actividad económica que es de importancia señalar es la presencia de establecimientos de pequeña industria como hornos de cal, por lo general son establecimientos administrados a nivel familiar, de un total de 8, tres de ellos procesan la cal y marmolina (único sitio del país donde se procesa este producto) que son distribuidos en todos los departamentos de Nicaragua, como Managua, zona norte, central y zona del Caribe. Estos establecimientos generan una cantidad de 165 puestos de trabajo, ocupados por hombres.

Es importante mencionar que este sector, en su mayoría ofrece puestos de trabajo ocupados por hombres (81% del total de empleo en este sector) debido a la particularidad de las actividades.

Tabla No.3. Sector secundario

Rama	Actividad	Establecimie ntos	Empleos	Hombres	Mujeres
Alimento	Molinos	3	12	6	6
	Tortillerías	50	100	-	100
	Panaderías	3	12	6	6
Metalurgi a	Taller de torno	17	85	85	-
	Hornos de cal	8	165	165	-
	Taller de mecánica	20	100	100	-
	Taller metalúrgico	5	25	25	-
	Taller de reparación de bicicletas	5	15	15	-
	Taller de aluminio y vidrio	1	7	7	-
	Taller de enderezado y pintura	3	24	24	-
	Joyerías	2	6	6	-
	Taller radio técnico	2	4	4	-
Taller de vulcanización	3	12	12	-	
Madera	Taller de carpintería	8	32	32	-
Construc ción	Fábrica de materiales de construcción	3	24	21	3
	Transporte	275	415	406	9
	Fábrica de cemento	1	362	332	30

Rama	Actividad	Establecimientos	Empleos	Hombres	Mujeres
	Artículos de construcción	25	50	50	-
Vestuario	Taller de sastrería y costura	4	16	12	4
TOTAL		138	1466	1338	158

Fuente: Levantamiento de campo PMDU, Administración Tributaria y SISCAT.

Abril/2005

Sector Terciario: La economía en el sector urbano del Municipio de San Rafael del Sur, descansa en el sector terciario, con la existencia de 443 establecimientos comerciales y de servicio que representan el 71% del total de establecimientos económicos, generando una cantidad de 2,013 puestos de trabajo.

En este sector las actividades más significativas son desarrolladas en sitios como: El mercado Municipal que en la actualidad tiene 122 tramos ocupados, generando una cantidad de 488 puestos de trabajo, seguido de las bodegas, bares y almacenes que generan la suma de 351 empleos, y en tercer lugar se ubican las pulperías que generan un aproximado de 246 puestos de trabajo.

Tabla No.4. Sector terciario

Área	Actividad	Establecimientos	Empleos	Hombres	Mujeres
Comercio Especializado	Pulperías	82	246	120	126
	Farmacias	5	15	7	8
	Bodegas y almacenes	57	71	123	48
	Sorbeterías	3	6	2	4
Comercio Diario	Mini Tiendas	6	18	7	11
	Mini Pulperías	43	86	24	62

Área	Actividad	Establecimientos	Empleos	Hombres	Mujeres
	Mini Supermercado	1	8	4	4
	Ferreterías	2	8	6	2
	Misceláneas	5	20	8	12
	Ventas Nocturnas (Alimentos)	8	24	3	21
	Comiderías	3	21	17	4
	Ventas de ropa usada	3	9	5	4
	Gasolineras	5	30	24	6
	Ventas de verduras	2	4	2	2
	Ventas de frutas	15	30	19	11
Servicios Personales y Profesionales	Peluquerías	2	6	6	-
	Clínicas	6	24	12	12
	Laboratorios	3	12	6	6
	Entidades financieras	10	50	23	27
	Fotocopiadoras	6	12	3	9
	Lustradores	5	5	5	-
	Oficinas Varias	13	65	30	35
	Alquiler de Computadoras	2	6	3	3
Recreación y Mercados	Bares	18	180	51	129
	Restaurante	3	30	8	22
	Mercado	1	488	239	249
	Total	430	1,514	697	817

Fuente: Levantamiento de campo PMDU, Administración Tributaria. Abril/2005

Área de servicios institucionales: Este genera una cantidad de 499 puestos de trabajo con la presencia de 13 instituciones gubernamentales y no gubernamentales que brindan atención a la población local y de Municipios vecinos, el Ministerio de Educación Cultura y Deportes y La Alcaldía Municipal son los que generan la mayor cantidad de puestos de trabajo.

Tabla No.5. Área de servicios institucionales

Institución	Establecimientos	Empleos	Hombres	Mujeres
MINSA	1	49	29	25
MECD	1	153	124	29
INSSBI	1	12	6	6
ENITEL	1	4	1	3
MIFAMILIA	1	11	5	6
Alcaldía	1	183	140	43
Policía	1	43	34	9
CSE	1	10	5	5
CEDRU	1	6	3	3
Los Pipitos	1	8	5	3
Movistar	1	6	4	2
Centros de educación técnica	2	14	7	7
TOTAL	13	499	358	141

Fuente: Levantamiento de campo PMDU, Administración Tributaria y SISCAT.

Abril/2005

2.1.7. Infraestructura de salud:

El Sector Salud en San Rafael cuenta con un centro de salud, ubicado en la zona central, además se cuenta con 6 consultorios o clínicas privadas.

El centro de salud posee un área de 922m², y brinda atención aproximadamente a 250 personas diarias dando abasto a la población, más sin embargo la

instalación se encuentra en regular estado, una de las limitantes es el terreno, el cual no posee áreas de amortiguamiento requeridas para evitar la contaminación ambiental a los vecinos.

La demanda actual de infraestructura física en el sector salud, está cubierta por las instalaciones existentes, que además presenta un superávit de 152.59m² por encima del área del terreno donde se localiza el actual centro, 713.02m² más de área construida de que estipula la normativa para la cantidad de población urbana a atender. Lo que indica que este centro está capacitado para brindar atención a las comarcas aledañas al centro urbano de San Rafael del Sur, a como lo indica su radio de influencia.

Los recursos humanos con los que cuenta son: 6 Médicos, 18 Auxiliares y 5 Enfermeras; y brinda las atenciones en: Consulta Externa, Emergencia, Atención de Partos, Programa de Control de la Embarazada, Puerperio (control en los 40 días después del parto), V.F.E.D, U.R.O (Rehidratación Oral), Lactancia Materna, Adolescencia, Planificación Familia, Odontología, Programa de Tuberculosos, Vigilancia, Epidemiológica, Docencia, Histología Vaginal, Servicio de Laboratorios, Epidemiología, ETS, Observaciones.

El mayor porcentaje de enfermedades pertenecen a enfermedades respiratorias; esto debido a la contaminación de la CEMEX, ya que la población se mantiene expuesta en un 100% a la absorción de Silicato y Sílice emanado por la industria cementera que se encuentra a escasos 300m del Centro Urbano.

Entre otros problemas que enfrenta el sector salud es el porcentaje de fecalismo al aire libre causa de enfermedades diarreicas. Según fuentes del MINSA este problema ha ido disminuyendo ya que ellos mismos han gestionado proyectos de letrificación.

2.1.8. Infraestructura de educación:

En el ámbito municipal la educación es brindada por 14 centros bases, que se subdividen en 27 centros satélites o dependencias. En el área urbana de San

Rafael existen 2 centros bases El CEARMA y el Instituto Nacional de San Rafael del Sur, además de 5 centros de dependencia privada, únicamente el CEARMA tiene centros satélites como lo son Los Hurtados y Los Jaras, solo se tomará en cuenta para el estudio Los Hurtados; ya que está dentro del área de estudio y sobre todo la población atendida es del área urbana, siendo el número total de alumnos del área urbana 8,155.

Educación preescolar:

En la ciudad de San Rafael del Sur existen un total de 5 centros preescolar, siendo 2 Autónomos, uno de ellos en las instalaciones del CEARMA y el otro en Los Hurtados, atendiendo a un total de 92 alumnos en el turno matutino, el CEARMA únicamente brinda atención de tercer nivel con un total de 2 docentes ubicados en dos aulas, Los Hurtados atiende un programa de multinivel, los 3 centros preescolar restantes son de dependencia privada 2 de ellos brindan atención con el programa de multinivel y el otro atiende todos los niveles en el turno matutino.

Según fuente del MECD se contabilizan un porcentaje el 11.63% a centros de la zona urbana y el 88.37% de zonas comunitarias.

De acuerdo al análisis a nivel urbano del 11.63% según dependencias, son autónomos 2 centros que equivalen al 4.65%, 3 son privados es decir el 6.978%, esto demuestra la falta de infraestructura educativa dotada por el Estado, por lo cual la población ha creado centros de enseñanza de carácter privado, para satisfacer la creciente demanda.

El 14% de la población total urbana corresponde a la población en edad preescolar, para San Rafael del Sur esta cantidad es de 1,330 niños, siendo el 17% de esta la población a atender, que equivale a 226 alumnos. En la actualidad existen 207 alumnos en el registro del MECD, lo que indica un superávit en la cobertura de la demanda educativa.

El déficit de aulas en el sistema de educación preescolar es nulo, por lo que es necesario elaborar las proyecciones de incremento poblacional para poder establecer la demanda educativa en el corto mediano y largo plazo, ya que en la actualidad no existe la necesidad de crear nueva infraestructura, sin embargo, es necesario brindarle el mantenimiento necesario a la infraestructura existente para garantizar el buen servicio y confort del sistema educativo.

Educación Primaria:

La infraestructura de educación primaria con la que se cuenta en la ciudad, es de 5 centros, los que sirven tres tipos de programas: Primaria Regular, Primaria Nocturna Educación de Adultos y el programa de Primaria Multigrado. La población escolar total atendida es de 1,904 alumnos y con un total de 82 docentes.

Una gran cantidad de la población de educación primaria es atendida por los centros autónomos con un porcentaje de 87.60% y el 12.39% en centros privados.

El 17% de la población total urbana corresponde a la población en edad escolar, para San Rafael Sur es de 1,615 niños, siendo el 100% la población a atender que equivale a 1,615 alumnos. En la actualidad existen 1904 alumnos en el registro del MECD, lo que indica un superávit en la cobertura de la demanda educativa.

Al igual que en educación preescolar, en el sistema de educación primaria no existe déficit de infraestructura, por lo que es necesario elaborar las proyecciones de incremento poblacional para poder establecer la demanda educativa en el corto mediano y largo plazo, ya que en la actualidad no existe la necesidad de crear nueva infraestructura, sin embargo es necesario brindarle el mantenimiento necesario a la infraestructura existente, principalmente en los entes Autónomos, que debido a su bajo presupuesto no pueden realizar con periodicidad los trabajos de mantenimiento.

Educación secundaria:

En el casco urbano existen 2 centros de educación secundaria uno de ellos de dependencia Autónoma y el otro privado. El centro autónomo atiende programas de educación diurna y nocturna y el privado es de modalidad sabatina.

En el instituto existen 25 aulas de las que se ocupan 14, además tiene 1 auditorio, 1 biblioteca, cancha y campo deportivo.

El 14.7% de la población total corresponde a la población en edad de educación secundaria siendo de 1,396 y la población a atender de 4to a 5to Año el 25.4% que equivale a 360 alumnos, como se puede apreciar el 88.1% del alumnado estudia en colegio Autónomo y el 11.9% lo realiza en el centro de educación secundaria de carácter privado. También hay que señalar que el colegio público ofrece tres turnos de estudio, mientras que el privado solamente es sabatino.

De acuerdo a las normas aplicadas para el estudio no existe déficit en cuanto a demanda estudiantil. Sin embargo, se debe de mejorar la infraestructura existente principalmente en el Instituto Nacional San Rafael del Sur.

Nivel de educación superior:

En la ciudad solo existe 1 centro de educación técnica, que brinda La carrera de Operador en Computación y un centro de Artes y Oficios. No se cuenta con un Centro Educación Universitario; pero según los indicadores existen 188 personas con años de estudios superiores.

2.1.9. Agua y saneamiento:

Agua potable:

La ciudad de San Rafael cuenta con el servicio público de Agua Potable, cuya administración está a cargo de la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL).

Antes de abril del 2002, el sistema de abastecimiento de agua potable para los ciudadanos de San Rafael era de agua tratada, el cual se daba a través de una planta de tratamiento de filtros lentos, pozos artesianos, una galería de filtración, y a través de un manantial ubicado en la comunidad del Salto, con un caudal de agua para este entonces de 800 gal/min donde el índice de potabilidad como promedio era del 71 %, realizando controles físicos-químicos solo en casos de emergencias (brotes de EDA), control de cloro residual y muestreo domiciliar al azar por mes y acueducto. Las comunidades que no cuentan con este servicio se abastecen de pozos, en su gran mayoría contruidos por ellos mismos.

En la ciudad se trabaja con dos pozos donde el sistema de agua potable que se utiliza, se considera como el principal acueducto respecto a los utilizados en las otras comunidades; ya que este sistema tiene como fuentes de abastecimiento las aguas de tipo subsuperficial (pozos), estos se localizan en la parte noreste del municipio, en las comunidades de Chilamate 1 y Chilamate 2, alimentado el sistema por el río Jesús.

La galería de infiltración, tiene una capacidad de bombeo de 420 galones por minuto. El agua es almacenada en dos tanques con capacidad de 25,000 galones cada uno ubicados en al casco urbano de San Rafael. Este Sistema de Abastecimiento, se conforma a partir de una Red de Distribución que se define a través de dos zonas, y que a su vez estas se delimitan en varias rutas.

Sin embargo, este cambio de sistema ha provocado un gran déficit en el servicio de agua potable, ya que a inicio de su instalación solamente proporcionaba 420 gal/min reduciéndose actualmente a 350 gal/min lo que implicó un aumento en la calidad del agua con un 86%; pero una disminución en el suministro. Esto ha implicado, que para el periodo de verano se proceda a racionalizar el abastecimiento del agua.

Tabla No.6. sectorización de abastecimiento de agua.

Zona	Periodo	Hora
Baja	Mañana	1-12
Alta	Tarde	1-6
Más Baja	Noche	7-En adelante

Fuente: ENACAL, San Rafael Del Sur, 2005.

Para mermar un poco esta situación, se realizó la construcción de 2 pozos localizados en la parte este del Municipio cerca de la ribera del río Jesús con el propósito de ampliar la capacidad de suministro de Agua Potable para la población de San Rafael, alcanzando la proporción de 800 gal/min.

Para el 2003, la cobertura de este servicio a nivel urbano es de 2,034 usuarios, representando el 21.41 % del servicio domiciliario (407 viviendas) del área urbana; los cuales se distribuyen de acuerdo a las categorías que define la institución. La implementación de este servicio aumenta de acuerdo a los periodos de mayor poder adquisitivo (diciembre u otras fechas de gran envergadura); entre el rango de 8 a 10 personas.

Drenaje sanitario:

El Drenaje de Alcantarillado Sanitario de San Rafael, fue construido entre los meses de octubre y noviembre del año 1995 el cual se encuentra sub utilizado; donde existe un sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales, compuesto por dos lagunas de estabilización, la red de tuberías y una fosa séptica. Estos sistemas no reciben ningún tipo de mantenimiento y su capacidad no es suficiente para la cantidad de conexiones, provocando inundaciones en periodo de invierno.

Parte de las aguas servidas sin desechos sólidos, se descargan a una quebrada cercana; las cuales desembocan al río changuito. El sistema de tratamiento de las lagunas de estabilización vierte el contenido de sus desechos al río San Lorenzo, ubicado a 8 Km del Casco Urbano.

De 2,034 usuarios que hacen uso del servicio de agua potable solamente el 13 %, tiene el servicio de alcantarillado sanitario, lo equivalente a 364 familias; de las cuales 260 utilizan este servicio y 104 no.

Actualmente este servicio solo abarca el 18.82% de las viviendas, siendo muy deficiente por las inadecuadas dimensiones de la red y el tipo de material utilizado (concreto, el cual fue abolido desde 1972) no permitiendo tener un afluente adecuado de la cantidad de desechos que fluirían; el 81.18% restante de la población evacua las aguas servidas por sumideros y letrinas, o las vierten en las calles lo que indica un alto déficit del servicio. Además de que existe un mal uso del mismo por parte de las personas que están conectadas de manera ilegal.

Drenaje pluvial:

Este servicio solo existe de manera superficial en las calles que se encuentran revestidas, las que drenan las aguas a través de cunetas, donde solo el 23.65% de la ciudad cuenta con este sistema. No contando con sistema de drenaje pluvial subterráneo.

Las vías que no cuentan con ningún revestimiento drenan de acuerdo a las pendientes que predominan en la ciudad, a través de pequeñas quebradas y causes existentes en el interior del casco urbano, desembocando en los ríos más cercanos; en el Norte el río Jesús, al este San Lorenzo y al sur, río San Pablo. Lo que ocasiona problemas de inundación en las zonas norte y sur de la ciudad en los barrios El Pinol, Nicarao, La Bolsa y el Tulipán, Siendo este sistema de mala calidad.

2.1.10. Servicios municipales:

Rastro:

El rastro municipal se encuentra ubicado al noroeste del casco urbano a orillas del Río Jesús posee un área aproximada de 1,800vrs². Este ofrece el servicio de

matanza y destace de cerdo, en él se destazan aproximadamente 60 reses y 80 cerdos mensualmente.

Actualmente la alcaldía posee un terreno ubicado fuera de los límites urbanos de la ciudad, donde pretende construir el nuevo rastro municipal. El actual rastro se encuentra localizado en la parte noroeste del casco urbano el cual no presta con las condiciones físicas e higiénicas, además de ser un foco de contaminación ya que los desperdicios que salen de aquí son arrojados a las aguas del río Jesús siendo afectando el barrio El Rastro.

Mercado:

El Mercado Municipal se encuentra ubicado en los alrededores de la iglesia, en la zona céntrica del Casco Urbano. Aquí se venden productos traídos mayoritariamente de los municipios más cercanos como Managua, Carazo y Masaya, en él se encuentran alrededor de 20 comerciantes donde la gran mayoría (el 90%) son originarios de la zona.

Tiene un área aproximada de 1,497m² encontrándose su infraestructura en regular estado. Presenta condiciones higiénicas de mala calidad, ya que los locales no prestan las condiciones adecuadas, además de no contar con buena iluminación y ventilación, el sistema sanitario se encuentra en mal estado, no existe tanque de reserva de agua y sobre todo no tiene licencia sanitaria.

Cementerio:

En la ciudad existen dos cementerios, los que se localizan en la parte sur occidental, el viejo de 2 manzanas que actualmente se encuentra saturado y el nuevo de 4 manzanas.

Actualmente el cementerio nuevo posee un área de 20,000vrs² del cual el 25% de esta se encuentra urbanizada, este se divide en 2 áreas la urbanizada y la que se va a urbanizar, dispuesta para un periodo de 20 años aproximadamente.

La alcaldía se encarga de dar mantenimiento a ambos cementerios, logrando mantener su estado físico en buenas condiciones con la única salvedad que entre ambos existe un cauce natural que en épocas de invierno o de grandes temporales no permite el acceso al cementerio viejo.

Parques y espacios públicos:

En el casco urbano existen 3 parques, 2 bulevares y 105 cuadras pavimentadas que reciben mantenimiento de parte de la alcaldía municipal con una periodicidad diaria para esto se cuenta con 7 operarios correspondiéndole a cada uno 15 cuadras de limpiezas más 3 operarios que se encargan del mantenimiento de los parques y a estos le agregamos 1 operario que realiza la limpieza por la noche en el área central, exactamente en el mercado, plaza, y atrios de la iglesia, de esta forma la alcaldía cumple con el mantenimiento de estos servicios.

Existen viveros que se utilizarán para la arborización del centro urbano y reforestación de la cuenca del Río Jesús con un proyecto de reforestación para el cuidado de los recursos naturales, el que es ejecutado con los estudiantes del Instituto.

2.1.11. Vialidad y transporte:

A nivel municipal San Rafael del Sur presenta una articulación directa a través de sus vías principales; dos carreteras asfaltadas que le permiten comunicarse a una escala Departamental, Intermunicipal y Municipal: La carretera sur, Managua-El Crucero-San Rafael, y la carretera Vieja a León, Managua-Empalme Santa Rita-San Rafael. Además de carreteras internas de tiempo seco, y vías primarias como caminos existentes de todo tiempo y en estación seca, que cruzan todo el municipio comunicándolo entre sí.

La ciudad se comunica a través de la carretera Managua-El Crucero Pochomil, la cual sirve como paso de vía dentro del municipio respecto al resto de las comunidades que le conforman, Se encuentra revestida de asfalto y en condiciones regulares, con 1,590 metros lineales (1.59 Km).

El municipio cuenta con vías principales y secundarias que permiten jerarquizar y definir el acceso a esta parte del territorio:

Vías de acceso principales:

La ruta que viene de la ciudad capital Managua y pasa por el centro del Casco Urbano hasta llegar al empalme, que conduce a Villa San Carlos Y Masachapa. También existe la vía que inicia del empalme la Llanas, pasando por la comunidad del Cogollo hasta llegar al Crucero; logrando tomar en esa misma dirección al dejar la carretera, el camino terraplén que nos lleva a la comunidad de los Gutiérrez Norte hasta llegar a San Cayetano.

Otra es la vía que empieza en el Kilómetro 45, con tres Km de carretera asfaltada, hasta llegar a la comunidad de Los Gutiérrez Sur, los Velásquez y la cuarta Región Diriamba.

Vías de acceso secundarias:

Una de ellas es la que sale del Casco urbano, empezando del estadio Municipal, pasando por los Hurtados, los Gutiérrez Sur y luego a los Velásquez y Diriamba. Otra es la PN. Rumbo a la comunidad de los Gaguitos, San Lorenzo, San Pedro, Loma Alegre y luego al departamento de Diriamba. La vía que empieza en el cementerio rumbo a la comunidad de los Navarrete, San Pedro, Loma Alegre y Diriamba; por último, la que empieza en el Tulipán rumbo a la comunidad de los Jaras, Los Gutiérrez Norte hasta llegar a San Cayetano.

El Casco Urbano presenta una estructura vial regular; uniforme en la parte central con calles planas y en su mayoría adoquinadas, e irregularidades en las periferias con pendientes que no afectan la estructura vial; pero que se deterioran en el invierno por la falta de un sistema adecuado de drenaje pluvial.

Sus calles o vías, se definen a partir de la importancia que estas desempeñan:

- **Vía Regional:** La carretera sur, Managua- El Crucero- San Rafael, que le permite comunicarse con los departamentos y municipios vecinos; pavimentada y en regular estado.
- **Vías interlocales:** Los caminos hacia los Hurtados, los Jaras y los Sánchez; accediendo a las comunidades del municipio aledañas a la ciudad, caracterizándose por ser vías de todo tiempo y/o estación seca.
- **Vías Urbanas (Calles):** Se definen como un sistema de calles, ya que se consideran como vías locales y peatonales de penetración directa a las zonas habitacionales, la mayor parte con revestimiento de asfalto y adoquinado.

Tratamiento de las vías:

El casco Urbano de San Rafael del Sur cuenta con una estructura vial de 31,610 metros lineales (31.61km), de los cuales se distinguen según la siguiente tabla, en base al tipo de revestimiento que estas poseen.

Tabla No.7. Revestimiento Vial

Área	Tipo de Revestimiento (vías)	Superficie (km)	%
URBANA	Asfaltada	3.58	11.33
	Adoquinada	5.81	18.38
	Sin Revestimiento	22.22	70.29
	TOTAL	31.61	100

Fuente: Actualización del PDUSRS (UNI), elaborado por consultoría PMDU San Rafael del Sur, 2005.

Se logra definir con estos datos que a nivel urbano existe un total de 31.61 Km de red vial que se distribuyen de acuerdo a zonas establecidas en el casco urbano; donde las vías asfaltadas y adoquinadas predominan en la zona central e intermedia de la ciudad representando un 29.71% (9.39 Km) del total. Las vías

de tierra, 22.22 Km (70.29 %) se localizan en la zona periférica; destacando que el 29.43 % de estas son de todo tiempo, y el 40.86% utilizadas únicamente en estación seca, lo que evidencia un problema de acceso a estas zonas en épocas de lluvia.

Tabla No.8. vías según su tipo de superficie

Vías	Tipo de Superficie	Km	%
Pavimentada	Asfaltado y Adoquinado	9.39	29.71
Sin revestimiento	Todo el Tiempo	9.30	29.43
	Estación Seca	12.91	40.86
Total		31.60	100

Fuente: Actualización del PDUSRS (UNI), elaborado por consultaría PMDU San Rafael del Sur, 2005.

Con la tabla anterior se deduce que 18.69 Km (59.14%), contribuyen a que la trama urbana de la ciudad se defina y permita un fácil acceso y circulación durante todo el año, y que en menor porcentaje (40.86 %) las vías de estación seca (12.91 Km) son solo utilizables en épocas de verano.

Estado Físico de las Vías:

De acuerdo al inventario vial realizado por el PDUSRS durante el levantamiento de campo, se registró que un 24% de la red se encuentra en un buen estado, el 14.14% en regular estado y el 61.86% en mal estado.

Tabla No.9. Estado físico de red vial en el área urbana

Estado Físico	Km	%
Bueno	7.59	24
Regular	4.47	14.14

Malo	19.55	61.86
TOTAL	31.61	100

*Fuente: Actualización del PDUSRS (UNI), elaborado por consultaría PMDU
San Rafael del Sur, 2005.*

De la tabla anterior se deduce que más de la mitad de la red vial existente en la ciudad (61.86%), se encuentra en mal estado con 19.55 Km, lo que indica un alto déficit en el mantenimiento de este tipo de infraestructura.

2.1.12. Transporte:

El municipio de San Rafael del Sur cuenta con un sistema de vías, de carreteras y caminos, que le permiten tener una buena comunicación tanto a nivel municipal como departamental; A través de estas, la ciudad tiene una red efectiva que le permite el movimiento de los pasajeros a los distintos puntos del territorio. Estas se clasifican como troncales, rurales y urbanas, con un total de 18 rutas y 228 unidades.

Tabla No.10. Clasificación de rutas

Clasificación de rutas	Recorrido	Tipo de servicio	N° de rutas	N° de unidades
Intermunicipal	Managua- Pochomil	Ordinario, Expreso	1	25, 6
Rural	San Rafael- Comunidades	Camionetas	16	12
Urbana	San Rafael	Taxis, Mototaxis, Ciclotaxis	1	37, 4, 144
Total			18	228

Fuente: OTIM (Oficina de transporte municipal)

Este servicio actualmente es controlado por la Alcaldía Municipal de San Rafael del Sur, en base a las facultades otorgadas por la Ley de Municipios (Ley 40 - 291) a partir del año 2002, a través de la Oficina de Transporte Intermunicipal (OTIM) junto a las Cooperativas de Transporte Colectivo: Rigoberto López Rodríguez y COOTRAMIL, las que contribuyen a la ejecución de dicho servicio. Logrando de esta manera, cubrir la demanda de la población en un 80%, ya que en algunas comunidades no existe un sistema rotativo continuo que permita un mejor flujo de la población rural hacia la ciudad.

El Transporte Intermunicipal está estructurado por buses, microbuses, camionetas, taxis, mototaxis y ciclotaxis. Esta estructuración, permite tener una buena comunicación de la ciudad con el resto de las comunidades, así como dentro del mismo casco urbano.

A nivel municipal el transporte colectivo cuenta con 31 unidades de transporte que cubren la ruta Managua-Pochomil. Permitiendo de esta manera cubrir la demanda del casco urbano; aunque el servicio presenta deficiencias debido al mal estado técnico de las unidades, dando lugar a una mala calidad del servicio a la población y perjuicios a la producción.

Estos tienen su terminal de recorrido en el mercadito Israel Lewites, y en Pochomil, brindando un servicio continuo, cada 30 minutos. Siendo uno de sus puntos de intersección la ciudad de San Rafael del Sur.

Transporte intermunicipal:

En la ciudad de San Rafael, solo opera una ruta troncal: Managua–Pochomil, con dos modalidades: servicio ordinario con 25 unidades, transportando un promedio de 50 pasajeros cada uno; y el servicio expreso, que cuenta con 6 buses de 25 pasajeros cada unidad. Permitiendo transportar de esta manera a un total de 3,170 pasajeros, de los cuales el 63.09 % es transportado por el servicio ordinario, y el 36.91% por el expreso; con una frecuencia mínima de salida entre unidades ordinarias de 30 minutos y de 15 minutos en el servicio expreso.

Para ambas modalidades, esta ruta cuenta únicamente con dos terminales: La primera se ubica en la ciudad de Managua en el mercado Israel Lewites, y por el otro extremo, Pochomil-San Rafael, realizando altos en los poblados aledaños a la carretera Managua-El cruceo-San Rafael.

Transporte urbano:

Este sistema cuenta solamente con una ruta, con 185 unidades que prestan este servicio en el casco urbano.

A esta escala, el transporte se caracteriza por la presencia de taxis, de los cuales se registran 37 unidades que circulan por todo el municipio, realizando alrededor de 10 a 15 viajes por día con tarifas de 15 córdobas en el casco urbano y de 25 a 50 córdobas hacia las comunidades. Prestan el servicio a 100 personas aproximadamente por día, las 24 horas, a través de la “Cooperativa de Taxis Arena del Sur”, fundada en 1999; recorriéndose entre 200 a 300 Km por día.

Actualmente, estos servicios cuentan con tres terminales: Una frente al Parque Central, otra en el Mercado Municipal, y la del km 45 permitiendo así, realizar sus operaciones de manera efectiva para satisfacción de la población.

También se cuenta con el servicio de moto taxis, con 4 unidades; y 144 ciclo taxis que para su circulación se dividen en dos turnos (días intermedios), de la 1 a la 70 y de la 71 a la 144, permitiendo una mejor circulación de ellas ya que son demasiadas, sirviendo como medio de traslado de un lugar a otro dentro de la ciudad.

De igual manera se cuenta con el servicio de camionetas de carga, que se utilizan para transportar mercadería y trasladarla de la ciudad hacia las comunidades; son alrededor de 8 unidades.

La ciudad no cuenta con una infraestructura adecuada para la circulación de los buses Interurbanos y urbanos ya que no existe la presencia de bahías ni

señalizaciones que indiquen un punto de llegada de las unidades de transporte, así como también ausencia de terminales de buses.

Transporte de carga:

El Transporte de carga representa un rubro muy importante en el municipio de San Rafael del Sur, esto debido a la presencia de la industria cementera CEMEX, según información obtenida, se encuentra que no existe una cooperativa formalmente establecida para el transporte pesado en la ciudad, sin embargo, la cementera cuenta con una flota registrada de 50 camiones de carga para el traslado del producto hacia las diferentes partes del país. Debería formarse para una mejor operatividad del rubro transporte de carga, una cooperativa que regule y aglutine todas estas unidades de carga.

Dentro de la estructura vial de la ciudad debe incluirse la circulación por la carretera a Pochomil, la circulación de maquinaria o transporte pesado el cual proviene en algunas ocasiones de la cementera y en raras ocasiones del Ingenio Azucarero.

III. MARCO TEÓRICO

3.1. Residuos sólidos

3.1.1. Definición de Residuos Sólidos:

Se puede definir como residuo sólido a todo tipo de material o sustancia de las que su poseedor ha decidido desprenderse debido a falta de utilidad o valor económico.

Son materiales excedentes, que previenen de las acciones cotidianas del hogar o de la transformación de las materias primas en bienes de consumo. Estos residuos son normalmente descargados al sitio en forma sólida porque no se necesitan o porque no se desean.

El término residuo sólido involucra toda una masa de naturaleza diferente de compuestos urbanos y una masa más homogénea de compuestos agrícolas e industriales.

3.1.2. Clasificación de los residuos sólidos:

Los residuos pueden clasificarse de distintas maneras, entre estas están:

3.1.2.1. Según el estado físico en que se encuentran:

Existe por lo tanto tres tipos de residuos desde este punto de vista sólidos, líquidos y gaseosos, es importante notar que el alcance real de esta clasificación puede fijarse en términos puramente descriptivos o, como es realizado en la práctica, según la forma de manejo asociado: por ejemplo un tambor con aceite usado y que es considerado residuo, es intrínsecamente un líquido, pero su manejo va a ser como un sólido pues es transportado en camiones y no por un sistema de conducción hidráulica.

3.1.2.2. Según el tipo de Manejo:

Se puede clasificar un residuo por presentar algunas características asociadas a manejo que debe ser realizado:

Residuo peligroso: Es considerado aquel desecho que, en función de sus características de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y patogenicidad, puede presentar un riesgo a la salud pública o causar efectos adversos al ambiente.

Son residuos que por su naturaleza son inherentemente peligrosos de manejar y/o disponer y pueden causar muerte, enfermedad; o que son peligrosos para la salud o el medio ambiente cuando son manejados en forma inapropiada.

Residuo inerte: Se entiende como aquel residuo que no experimenta transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas; los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana; la lixiviabilidad, la cantidad de contaminantes de los residuos y la eco toxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes en el caso de un residuo inerte.

Residuo no peligroso: Son todos aquellos desechos o combinación de estos que no representan un peligro inmediato o potencial para la salud humana o para otros organismos vivos. Dentro de los desechos no peligrosos están: Desechos domiciliarios, comerciales, institucionales, de mercados y barrido de calles.

3.1.2.3. Según su naturaleza química:

Residuos inorgánicos: Incluye todo aquello de origen mineral y sustancia sintetizada por los seres humanos.

Entre estos se encuentran: materiales plásticos y vidrios. Por lo general este tipo de material no es biodegradable, aunque existen algunos que sufren un proceso de descomposición, muy lento en comparación con los residuos orgánicos. Entre las principales fuentes de residuos inorgánicos están:

- Industria metalúrgica
- Industria química
- Comercio
- Industria Vidriería

Residuos orgánicos: Comprende todos aquellos desechos de origen animal y vegetal que sufre alguna explotación por los seres humanos. Generalmente los componen desechos domiciliarios procedentes de la preparación de alimentos o productos de la actividad animal de las labores agrícolas, las cuales sufren un proceso de degradación rápido.

Como los principales generadores de residuos orgánicos se encuentran:

- Actividad agropecuaria
- Actividad agroindustrial
- Industria láctea
- Industria frigorífica
- Industria aceitera y granos oleaginosos
- Industria de la pesca
- Industria forestal
- Residuos sólidos urbanos

3.1.2.4. Según su constitución:

Físicos: Constituidos por uno o varios materiales: aluminio, plástico, telas sintéticas, papel, etcétera.

Químicos: Producto de transformaciones de la materia prima: desechos industriales, nucleares, pilas, pinturas, etc.

Biológicos: Provenientes de seres vivos: cáscaras, restos de plantas y de comida, etcétera.

3.1.2.5. Según su lugar de origen:

Sanitarios: Se generan en hospitales, clínicas, ambulancias: gasas, soluciones, desechos de órganos, agujas, jeringas, etcétera.

Domésticos: Proviene de viviendas, oficinas, comercios, escuelas: bolsas, restos de alimentos, envases diversos, etcétera.

Forestales, ganaderos y agrícolas: Son residuos de la actividad ganadera, agrícola o forestal: troncos, abono, restos de siembras, etcétera.

Construcción o demolición: Son originados en las construcciones o demoliciones: ladrillos, varillas, cemento, concreto, grava, etcétera.

3.1.3. Tipos de residuos

Residuos municipales: La generación de residuos municipales varía en función de factores culturales asociados a los niveles de ingreso, hábitos de consumo, desarrollo tecnológico y estándares de calidad de vida de la población. En Nicaragua, el acelerado crecimiento de la población y concentración en áreas urbanas, así como los impactos socioeconómicos asociados a los cambios en los patrones de producción y de consumo, han provocado un incremento sustancial en la generación de residuos sólidos, lo que, ligado al deficiente manejo de los mismos ha desembocado en un proceso de degradación ambiental y deterioro de la salud pública.

Los sectores de más altos ingresos generan mayores volúmenes per cápita de los residuos, y estos residuos tienen un mayor valor incorporado que los provenientes de sectores más pobres de la población.

Residuos industriales: La cantidad de residuos que genera una industria esta en función de la tecnología del proceso productivo, calidad de las materias primas o productos intermedios, propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas, combustibles utilizados y los envases y embalajes del proceso.

Nicaragua no cuenta con un inventario de residuos peligrosos, pero se anticipa que además de los residuos peligrosos del sector industrial y de los envases vacíos de plaguicidas a los que se hizo referencia previamente, el país tiene que hacer frente al problema que significan las reservas de plaguicidas fuera de uso o abandonados, entre los cuales destaca el toxafeno. A estos residuos se suman los bifenilos policlorados, usados como agentes dieléctricos en transformadores y capacitores, así como los equipos y suelos o materiales contaminados con ellos, que constituyen residuos peligrosos de los que hay que disponer.

Residuos de construcción: El origen de los residuos de construcción y demolición tal y como su nombre indica, provienen de la construcción y demolición de edificios e infraestructuras; rehabilitación y restauración de edificios y estructuras existentes; construcción de nuevos edificios y estructuras; así como de la producción de materiales de construcción, por ejemplo, una máquina de hacer hormigón, componentes del hormigón, artículos de madera, etc. La generación de residuos de Construcción y Demolición está íntimamente ligada a la actividad del sector de la construcción, como consecuencia de la demolición de edificaciones e infraestructuras que han quedado obsoletas, así como de la construcción de otras nuevas.

Se consideran residuos de construcción y demolición aquellos que se generan en el entorno urbano y no se encuentran dentro de los comúnmente conocidos como Residuos Sólidos Urbanos (residuos domiciliarios y comerciales, fundamentalmente), ya que su composición es cuantitativa y cualitativamente

distinta. Se trata de residuos, básicamente inertes, constituidos por tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, cristal, plásticos, yesos, ferrallas, maderas y, en general, todos los desechos que se producen por el movimiento de tierras y construcción de edificaciones nuevas y obras de infraestructura, así como los generados por la demolición o reparación de edificaciones antiguas.

3.1.4. Manejo de desechos sólidos:

Es el conjunto de procedimiento y políticas que conforman el sistema de manejo de los desechos sólidos. La meta es realizar una gestión que sea ambiental y económicamente adecuada.

El manejo de los desechos debe incluir la minimización en la producción, separación, el reciclaje, la recolección, el tratamiento biológico, Químico, físico o térmico y la disposición final adecuada.

Figura No.2. Etapas para el manejo y Gestión de RSU



El sistema de manejo de los desechos sólidos se compone básicamente de los siguientes componentes:

Generación: Cualquier persona o institución cuya acción cause la transformación de un material a un desecho. Una institución usualmente se vuelve generadora cuando sus actividades y procesos dan como resultado un desecho o cuando no utiliza más un material.

Separación: Es el proceso de agrupación de los desechos no seleccionados a través de medios manuales y mecánicos para transformar desechos heterogéneos en diferentes grupos relativamente homogéneos. Se recomienda hacer este proceso en la fuente de origen de los desechos y no en el vehículo de recolección o en la estación de transferencia.

Almacenamiento temporal: Es la forma en que los desechos son acumulados durante un tiempo determinado antes de su recolección. Los recipientes utilizados para el almacenamiento temporal están en función del tipo recolección a realizarse.

Barrido de calles: Existen dos formas de realizar el barrido de calles, de forma manual y mecánica. El barrido mecánico requiere de mano de obra calificada, buen estado físico de las calles y un servicio adecuado de mantenimiento, a diferencia del barrido manual, que es empleado en todo el país, a pesar de sus bajos rendimientos ya que solo se limita a las principales calles.

Recolección y transporte: Es aquel medio que recoge el desecho y lo lleva a un sitio de transferencia, botadero a cielo abierto o disposición final.

Tratamiento y disposición final: El tratamiento, incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los desechos peligrosos o de sus constituyentes. Estos pueden ser: pre tratamiento mecánico (trituración y compactación) tratamiento térmico (incineración pirolisis y gasificación) tratamiento biológico (Compostaje, Lumbricultura y Digestión Anaeróbica o Mecanización) respecto a la disposición final, la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario manual y/o mecanizado.

3.1.5. Métodos comunes para estimar la cantidad de desechos sólidos:

La importancia para calcular la tasa de producción es adquirir datos que se puedan utilizar para determinar la cantidad total de desechos sólidos a ser manejados en un determinado sitio o lugar.

Análisis del número de cargas: Es utilizado para determinar las cantidades de desechos sólidos se anotan el tipo, peso, y volumen estimado de los desechos llevados por cada vehículo durante el periodo de tiempo especificado. Si se dispone de báscula se pesan los vehículos vacíos y llenos de desechos para conocer el peso real de desechos que transporta cada vehículo.

Análisis Peso-Volumen: Es obtenido mediante el pesaje y la medición de cada carga de un vehículo de recolección para estimar el volumen de este y proporcionara una mejor información sobre el peso específico de las diversas formas de desechos sólidos en un lugar dado donde la persona que entre sepa plenamente que, pasando este lugar, se debe de cumplir normas y requisitos especiales de conducta.

Báscula: Sirve para obtener el peso de los desechos, dato muy importante para conocer la vida útil real del relleno sanitario, las necesidades del material de cobertura, las necesidades de personal, maquinaria, cantidad de gases, y lixiviado que se producen. Las características de la báscula dependen de la cantidad de desechos que llegue, de los vehículos que la transporta y del presupuesto disponible.

Caseta de registro: Tiene como función principal operar los controles de entrada de desechos y salida de todo el personal tanto empleado como visitante.

El área interior de la caseta debe de tener suficiente espacio para el manejo de la báscula, el archivo y los sistemas de comunicación correspondiente; de los trabajadores y herramientas menores como son; palas, picas, etc.

3.1.6. Importancia de la obtención de datos de la caracterización de los desechos sólidos:

Para corregir las inconsistencias encontradas en el sistema de recolección, transporte, selección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos, se precisa realizar una caracterización de los desechos sólidos, instrumento que permita tener datos precisos sobre la calidad y cantidad de los referidos desechos y de esta manera ofrecer instrumentos de mitigaciones con mayor eficiencia.

En seguida viene desarrollado la metodología propuesta para realizar dicha caracterización.

La caracterización de los desechos sólidos, como ya se ha mencionado, es un estudio básico que ofrece parámetros tales como PPC, Cantidad y calidad de desechos sólidos generados, densidad sobre los cuales se puede actuar para el control de la generación de los DS. A partir de ellos se elaboran los instrumentos de control y de gestión de las distintas etapas del proceso de manejo integral de los desechos sólidos.

Es necesario conocer algunas de las propiedades de los residuos para prever y organizar los sistemas de pre-recogida, recogida y tratamientos finales de recuperación o eliminación, y para decidir sistemas de segregación en el caso de los residuos que generen riesgos especiales para el medio ambiente.

3.1.7. Composición de los Desechos Sólidos:

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de desechos sólidos y su distribución relativa, usualmente basados en porcentajes por peso.

El conocimiento sobre la composición y cantidad de desechos sólidos generados por una población determinada es la información fundamental utilizada en la evaluación de alternativas sobre las necesidades de equipos, sistemas, planes

y programas de manejo, especialmente en lo que respecta a la implementación de opciones para la disposición y recuperación de materiales.

Por simples observaciones se pueden notar las variaciones en cantidad y características de los desechos generados en una vivienda. Eso mismo puede observarse a nivel municipal. Estas variaciones, originadas principalmente por el desarrollo socioeconómico de la población, su crecimiento, sus costumbres y las condiciones climáticas, hacen que los parámetros medidos a través de los diferentes análisis realizados a los desechos, también tengan sus respectivas variaciones, aún dentro de una misma localidad.

3.1.8. Densidad de los desechos sólidos:

La densidad de los desechos sólidos varía substancialmente con la ubicación geográfica, la estación del año y el tiempo de almacenamiento. Esto indica que debe tenerse mucho cuidado con la selección de valores típicos de densidad. Los datos de densidad son necesarios para evaluar la masa total y el volumen de agua a manejar.

Desafortunadamente hay poca o ninguna uniformidad en la manera cómo se han reportado las densidades, debe especificarse las condiciones y lugar en que fue obtenido.

La densidad de los sólidos rellenados depende de su constitución y humedad, porque este valor se debe medir para tener un dato más real. Se deben distinguir valores en distintas etapas del manejo.

Densidad suelta: Generalmente se asocia con la densidad en el origen. Depende de la composición de los residuos. En Nicaragua fluctúa entre 200 – 300 Kg/m^3 .

Densidad transporte: Depende de si el camión es compactador o no y del tipo de residuos transportados. El valor típico oscila entre 400 – 500 Kg/m^3 .

Densidad residuo dispuesto en relleno: Se debe distinguir entre la densidad recién dispuesta la basura y la densidad después de asentado y estabilizado el sitio. En Nicaragua la densidad recién dispuesta fluctúa entre $500 - 600 \text{ Kg}/\text{m}^3$.

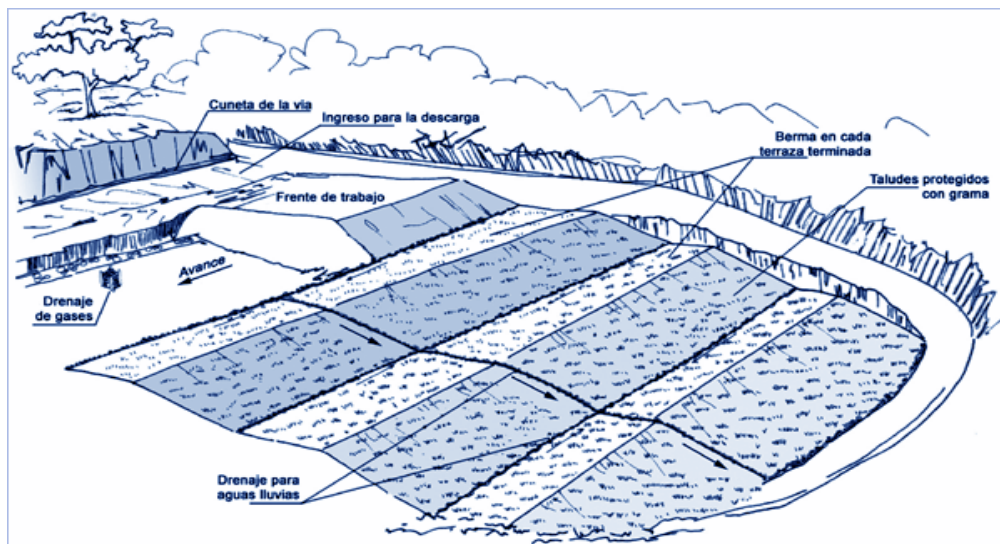
3.2. Rellenos sanitarios

3.2.1. Tipos de rellenos sanitarios:

3.2.1.1. 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 15 t/día-, además de sus condiciones económicas, no están en capacidad de adquirir el 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 desechos sólidos puede ser ejecutado con el apoyo de una cuadrilla de hombres y el empleo de algunas herramientas.

Figura No.3. Relleno sanitario manual



Fuente: Jaramillo, 2002

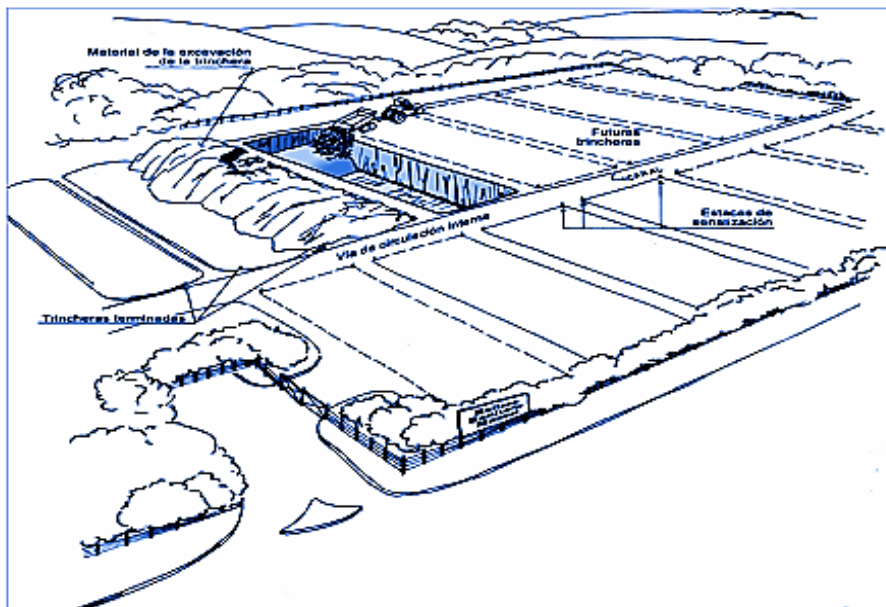
3.2.1.2. Relleno sanitario mecanizado:

El relleno sanitario mecanizado es aquel diseñado para las grandes ciudades y poblaciones mayores de 40,000 habitantes 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 y los gastos de operación y mantenimiento.

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

Figura No.4. Relleno sanitario Mecanizado



Fuente: Jaramillo, 2002

3.2.1.3. Relleno sanitario semi-mecanizado:

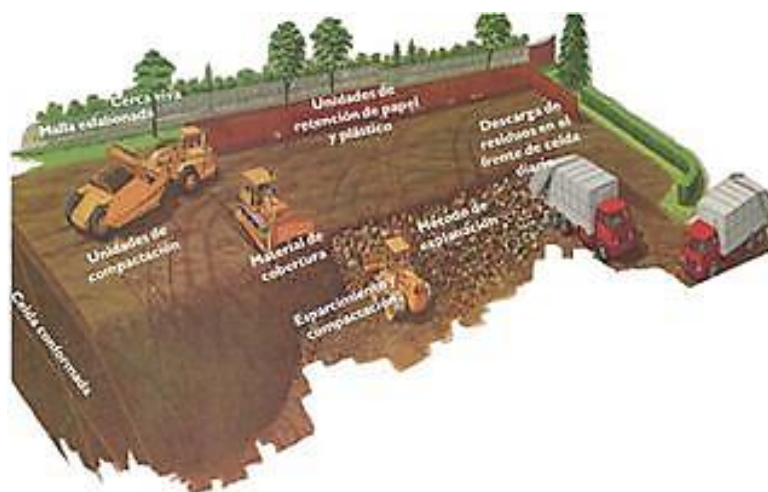
Es eliminar la necesidad de equipo pesado de tiempo completo para esparcimiento y compactación de residuos, excavación, transporte, esparcimiento y compactación de la cobertura diaria para reducir los costos de operación y promover la sostenibilidad a la escala municipal.

Se utiliza una excavadora hidráulica durante 3 o 4 días para excavar una trinchera (a una profundidad, ancho y largo determinado).

Los camiones descargan los desechos directamente a la trinchera verticalmente para formar la celda diaria.

Cuando la población genere o tenga que disponer entre 16 y 40 toneladas diarias de RSM en el relleno sanitario, es conveniente usar maquinaria pesada como apoyo al trabajo manual, a fin de hacer una buena compactación de los desechos, estabilizar los terraplenes y dar mayor vida útil al relleno. En estos casos, el tractor agrícola adaptado con una hoja topadora o cuchilla y con un cucharón o rodillo para la compactación puede ser un equipo apropiado para operar este relleno al que podríamos llamar Semi-mecanizado.

Figura No.5. Relleno sanitario Semi-mecanizado



3.2.2. Método de construcción de un relleno sanitario:

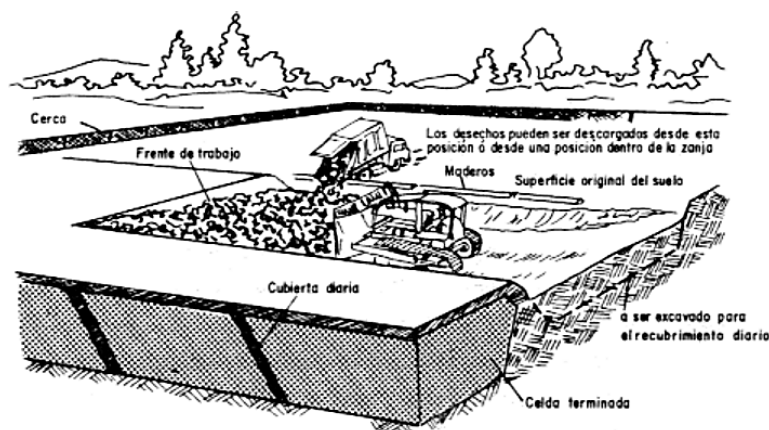
Método de la zanja: Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas.

Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad. Los RSM se depositan y acomodan dentro de la trinchera para luego compactarlos y cubrirlos con la tierra excavada. Se debe tener especial cuidado en periodos de lluvias dado que las aguas pueden inundar las zanjas.

De ahí que se deba construir canales perimétricos para captarlas y desviarlas e incluso proveer a las zanjas de drenajes internos. En casos extremos, se puede construir un techo sobre ellas o bien bombear el agua acumulada. Sus taludes o paredes deben estar cortados de acuerdo con el ángulo de reposo del suelo excavado.

La excavación de zanjas exige condiciones favorables tanto en lo que respecta a la profundidad del nivel freático como al tipo de suelo. Los terrenos con nivel freático alto o muy próximo a la superficie no son apropiados por el riesgo de contaminar el acuífero. Los terrenos rocosos tampoco lo son debido a las dificultades de excavación.

Figura No.6. Método de la zanja

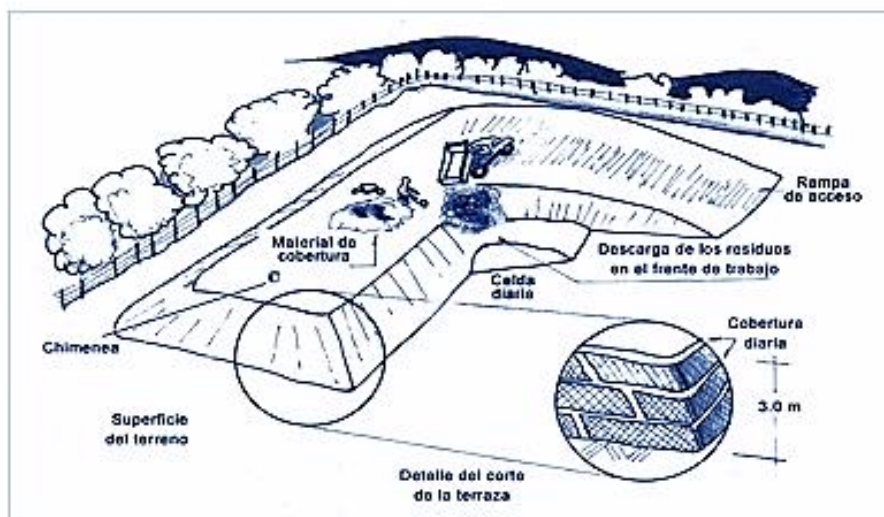


Fuente: Jaramillo, 2002

Método del Área: En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar los desechos sólidos, esta puede depositarse directamente sobre el suelo original, el que debe elevarse algunos metros, previa impermeabilización del terreno. En estos casos, el material de cobertura deberá ser transportado desde otros sitios o, de ser posible, extraído de la capa superficial. Las fosas se construyen con una pendiente suave en el talud para evitar deslizamientos y lograr una mayor estabilidad a medida que se eleva el relleno.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, los desechos sólidos se descargan en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra.

Figura No.7. Método del área



Fuente: Jaramillo, 2002

Método de la depresión: En lugares donde existen, es posible utilizar eficientemente, depresiones naturales o artificiales para operaciones de rellenos sanitarios. Cañones, cañadas, excavaciones secas de préstamo y canteras han sido utilizadas para este propósito.

Las técnicas para colocar y compactar los desechos sólidos en rellenos sanitarios en depresiones varían con la geometría del sitio, las características del material de recubrimiento, la hidrología y geología del sitio y el acceso al lugar.

3.2.3. Principios básicos de un relleno sanitario:

Se considera oportuno resaltar las siguientes prácticas básicas para la construcción, operación y mantenimiento de un relleno sanitario:

- Supervisión constante durante la construcción con la finalidad de mantener un alto nivel de calidad en la construcción de la infraestructura del relleno y en las operaciones de rutina diaria, todo esto mientras se descarga, recubre la basura y compacta la celda para conservar el relleno en óptimas condiciones. Esto implica tener una persona responsable de su operación y mantenimiento.
- Desviación de las aguas de escorrentía para evitar en lo posible su ingreso al relleno sanitario.
- Considerar la altura de la celda diaria para disminuir los problemas de hundimientos y lograr mayor estabilidad.
- El cubrimiento diario con una capa de 0.10 a 0.20 metros de tierra o material similar.
- La compactación de los RSM con capas de 0.20 a 0.30 metros de espesor y finalmente cuando se cubre con tierra toda la celda. De este factor depende en buena parte el éxito del trabajo diario, pues con él se puede alcanzar, a largo plazo, una mayor densidad y vida útil del sitio.
- Lograr una mayor densidad (peso específico), pues resulta mucho más conveniente desde el punto de vista económico y ambiental.

- Control y drenaje de percolados y gases para mantener las mejores condiciones de operación y proteger el ambiente.
- El cubrimiento final de unos 0.40 a 0.60 metros de espesor se efectúa con la misma metodología que para la cobertura diaria; además, debe realizarse de forma tal que pueda generar y sostener la vegetación a fin de lograr una mejor integración con el paisaje natural.

3.2.4. Pasos para el diseño de un relleno sanitario:

Paso 1:

Estudio de la situación del servicio de recolección de basura y toma de datos para el diseño de relleno sanitario apropiado. Los datos estudios básicos incluyen la siguiente información:

- Datos de población.
- Datos del servicio de recolección de basura.
- Información geológica.
- Información Hidrológica.
- Estudio topográfico de sitios alternativos.
- Análisis de las vías de acceso.
- Áreas disponibles.
- Distancias de mínimas del límite urbano y los grupos población.
- Disponibilidad del material de relleno en el sitio seleccionado.
- Compatibilidad con el desarrollo urbano de la ciudad.
- Perspectivas del uso de terreno una vez que se cumpla la vida útil del relleno sanitario.
- Profundidad del manto freático.
- Precipitación pluvial de la zona.

Paso 2:

Estudios específicos del sitio seleccionado, conteniendo entre otros, los siguientes:

- Estudios de geología.
- Estudios de hidrología.
- Estudios de topografía.
- Estudios infiltración del terreno.
- Diseño propiamente dicho con todas las partes de la obra.
- Especificaciones técnicas.
- Procedimientos constructivos.
- Dimensiones de celdas.
- Métodos constructivos.
- Acabado superficial.
- Equipo operacional a emplear.
- Normas de operación del relleno sanitario.

Paso 3:

Construcción de la obra con todas las partes correspondientes, lo que incluye:

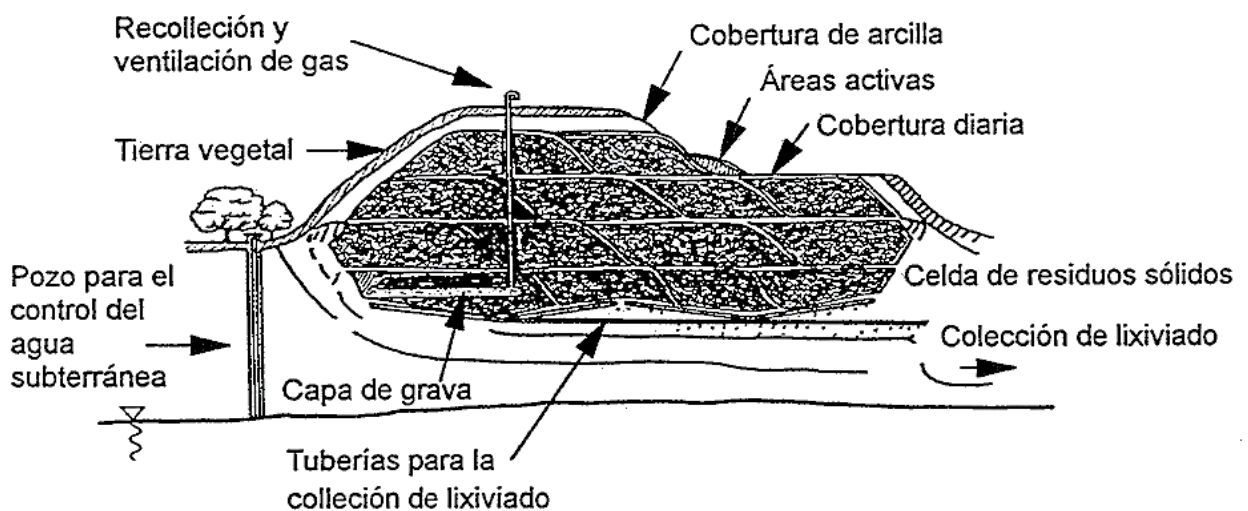
- Obras de infraestructura periférica como vías de acceso, drenajes pluviales, desviación y escurrimiento de aguas superficiales.
- Obras de infraestructura del relleno, que incluye cortes del tratamiento del suelo de soporte del relleno, drenajes del líquido percollado, ventilación de gases, vías acceso y drenaje pluvial interno.
- Obras para recolección, tratamiento y disposición del líquido percollado.
- Obras auxiliares como cercas, porterías, oficinas e instalaciones sanitarias del personal del trabajo.
- Puesta en marcha de la norma del relleno sanitario.

3.2.5. Aspectos a considerar a la hora de seleccionar y evaluar el sitio:

Para la evaluación y selección de sitios para construir un relleno sanitario es necesario realizar un análisis de variables que influyen a la hora de prevenir el impacto negativo al ambiente y a la salud pública.

Para ello se parte de la premisa que un Relleno Sanitario involucra, los tres medios bajo los que existe la vida que son: suelo, aire y agua, por tanto, es vital evaluar las características específicas de la zona de estudio, debiéndose definirse y valorar dichas características de modo que se obtenga una evaluación lo más objetiva y técnicamente aceptable para los Gobiernos Locales.

Figura No.8. Estructura del Relleno Sanitario



Fuente: Jaramillo, 2002

Es así como se presentan una serie de criterios técnicos internacionales y nacionales para utilizar tanto en evaluaciones preliminares como en estudios completos de selección de sitio para relleno sanitario.

Entre algunos aspectos técnicos a considerar se encuentran:

Vida útil del sitio:

El sitio deberá tener una extensión tal que, estimada una rasante de proyecto terminado, se tenga un volumen que pueda recibir desechos sólidos, para cuando menos 10 años de operación del relleno sanitario, es preferible arriba de los 15 años en donde la factibilidad financiera resulta más viable. Para el cálculo de este volumen se deberá tomar en cuenta la proyección futura de la población y el índice de generación (tasa de incremento anual en la generación per cápita)

Tierra para cobertura

El relleno sanitario debe ser lo más autosuficiente en tierra necesaria para su cobertura como sea posible.

Si el sitio no contara con tierra suficiente o no se pudiera excavar, deberán investigarse bancos de material para cobertura en lugares próximos y accesibles tomando en cuenta el costo de transporte.

Topografía del sitio:

El relleno puede diseñarse y operarse en cualquier tipo de topografía. Sin embargo, es preferible aquella en que se logre mayor volumen aprovechable por hectárea, como puede ser el caso de minas abandonadas a cielo abierto e inicio de cañadas, pequeñas vaguadas o depresiones naturales de cerros.

Vías de acceso:

Las condiciones de tránsito de las vías de acceso al relleno sanitario afectan el costo global del sistema, retardando los viajes y dañando vehículos; por lo tanto, el sitio debe estar de preferencia a corta distancia de la mancha urbana y bien comunicado por carretera, o bien, con un camino de acceso corto no pavimentado, pero transitable en toda época del año.

Vientos dominantes:

La ubicación del sitio deberá seleccionarse de tal manera que los vientos dominantes soplen en sentido contrario a la mancha urbana con el fin de evitar posibles malos olores; aunque si el relleno sanitario opera correctamente, el factor “viento dominante” puede despreciarse.

Ubicación del sitio:

Un relleno sanitario bien operado no causa molestias, sin embargo, es preferible ubicar el sitio fuera de la mancha urbana, previendo que al final de la vida útil del relleno, éste se pueda usar como área verde.

Se recomienda que el sitio para el relleno sanitario esté cercano a la mancha urbana (2 kilómetros mínimos y 12 kilómetros máximos) ya que se reducen los costos de transporte y se asegura que los problemas operativos no afectarán a la misma.

Geología:

Un contaminante puede penetrar al suelo y llegar al acuífero, contaminándolo y haciéndolo su vehículo, por lo tanto, es muy importante conocer el tipo de suelo (estratigrafía) del sitio para el relleno sanitario.

Los suelos sedimentados con características areno-arcillosas son las más recomendables ya que son suelos poco permeables. Por lo cual la infiltración del líquido contaminante se reduce sustancialmente.

Por otra parte, este tipo de suelo es suficientemente manejable como para realizar excavaciones, cortes y usarlo como material de cubierta.

Hidrogeología:

Uno de los factores básicos para la selección del sitio es el de evitar que pueda haber alguna contaminación de los acuíferos.

Por eso es muy importante realizar un estudio hidrogeológico para conocer la profundidad a la que se encuentra el agua subterránea, así como la dirección y velocidad del escurrimiento o flujo de la misma.

En algunos casos esta información ya existe, con lo cual es factible que no sea necesario realizar el estudio

Tabla No.11. Ventajas y desventajas de un relleno sanitario:

Ventajas	Desventajas
La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración o de compost.	El rápido proceso de urbanización, que limita y encarece el costo de los pocos terrenos disponibles, lo que obliga a ubicar el relleno sanitario en sitios alejados de la población.
Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.	No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, etc.
Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.	La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.
Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.	Puede ocasionar impacto ambiental de largo plazo si no se toman las previsiones necesarias en la selección del sitio y no se ejercen los controles para mitigarlos.
Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una	

<p>fuelle alternativa de energía para algunas ciudades.</p> <p>Su lugar de emplazamiento puede estar tan cerca del área urbana como lo permita la existencia de lugares disponibles, lo que reduce los costos de disponibles, lo que reduce los costos de transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.</p>	<p>Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.</p> <p>En general, no puede recibir residuos peligrosos.</p> <p>Puede presentarse eventualmente la contaminación de aguas subterráneas y superficiales cercanas, así como la generación de olores desagradables y gases, si no se toman las debidas medidas de control y de seguridad.</p>
---	--

Fuente: Elaboración propia

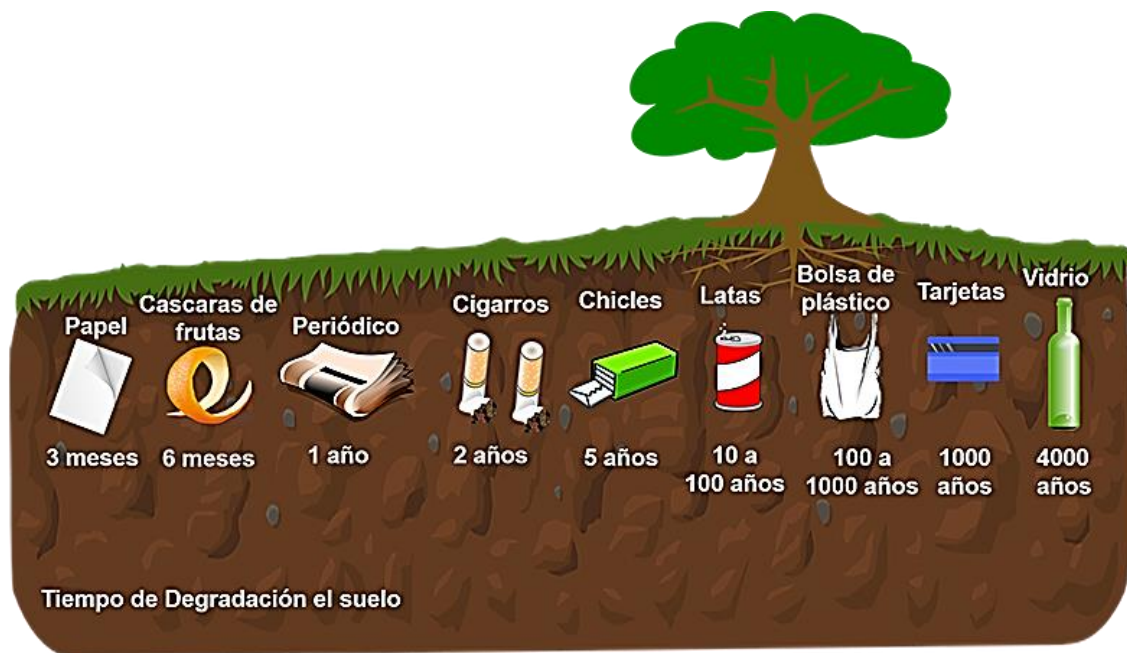
3.3. Generación de residuos sólidos:

Se entiende por generación a la cantidad de residuos originados por una determinada fuente en un intervalo de tiempo determinado, este abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional o bien son tirados y recogidos para la evacuación.

La generación de residuos es de momento una actividad poco controlable, sin embargo, es dentro de los centros urbanos donde se generan las mayores cantidades de residuos sólidos.

La generación de residuos sólidos varía mucho con el tiempo, de país a país y de ciudad a ciudad y según la cantidad de habitantes es muy influenciada por las costumbres o hábitos y según el estado socioeconómico e ingreso de la sociedad.

Figura No. 9 tiempos de desintegración de algunos materiales



Fuente: FAO

3.3.1. Los parámetros en los que se puede expresar la generación de desechos

Producción per cápita:

Es la cantidad de desechos generados por habitante en un periodo de tiempo específico. Se refiere a las cantidades efectivamente recolectadas y a la población atendida. Según Acuario, Rossini, Teixeira y Zepeda (1997) en los países de bajos ingresos, como el caso de Nicaragua, los valores de PPC oscilan entre 0.4 – 0.6 Kg/hab/día.

Producción total de desechos:

La producción total diaria de desechos sólidos de una municipalidad sirve para estimar el área destinada para la disposición final y su vida útil, sirve también para la planificación de todo el sistema de gestión de los desechos sólidos,

principalmente con respecto a la selección de equipos y dimensionamiento de instalaciones.

Densidad:

Es una característica relevante de los desechos sólidos, ésta es un valor fundamental para dimensionar los recipientes de almacenamiento, es un factor básico que marca los volúmenes de los equipos de recolección y capacidad de los rellenos. Al igual que la generación, la densidad varía significativamente con la ubicación geográfica, estación del año y tiempo de almacenamiento (Lacayo, 2008).

Composición Física:

Se utiliza para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de desechos y su distribución relativa, usualmente basados en porcentajes de peso (Lacayo, 2008).

Gestión integral de desechos sólidos:

La gestión integral de desechos sólidos se define como la aplicación de técnicas, tecnologías y programas para lograr objetivos y metas óptimas para una localidad en particular. Esta definición implica que primero hay que definir una visión que considere los factores propios de cada localidad para asegurar su sostenibilidad y beneficios.

Después se debe establecer e implementar un programa de manejo para lograr esta visión. Este programa debe optimizar, en lo posible, los siguientes aspectos:

Aspectos técnicos: La tecnología debe ser de fácil implementación, operación y mantenimiento; debe usar recursos humanos y materiales de la zona y comprender todas las fases, desde la producción hasta la disposición final.

Aspectos sociales: Se debe fomentar hábitos positivos en la población y desalentar los negativos; se promoverá la participación y la organización de la comunidad.

Aspectos económicos: El costo de implementación, operación, mantenimiento y administración debe ser eficiente, al alcance de los recursos de la población y económicamente sostenible, con ingresos que cubran el costo del servicio.

Aspectos organizativos: La administración y gestión del servicio debe ser simple y dinámico.

Aspectos de salud: El programa debe pertenecer o fomentar un programa mayor de prevención de enfermedades infecto-contagiosas.

Aspectos ambientales: El programa debe evitar impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

3.4. Efectos de una adecuada gestión de desechos sólidos:

Es un instrumento de gestión que se obtiene como resultado de un proceso de planificación estratégica y participativa, que permite mejorar las condiciones de salud y ambiente en determinada ciudad o municipio.

En el plan integral de manejo de desechos sólidos se establecen objetivos y metas de largo plazo (de 10 a 15 años), y se desarrollan planes de acción de corto plazo (hasta 2 años) y mediano plazo (de 3 hasta 5 años), con la finalidad de establecer un sistema sostenible de gestión de desechos sólidos.

La formulación y ejecución del plan facilita el desarrollo de un proceso sostenido de mejoramiento de la cobertura y calidad del sistema de gestión de desechos sólidos.

Los beneficios que se obtendrán con el diseño e implementación de un plan de manejo para la gestión integral de los desechos sólidos, serán los siguientes:

- Desarrollo de un proceso sostenido de mejoramiento de la cobertura y calidad del servicio de limpieza pública.
- Promoción y fomento dirigido al aprovechamiento y valorización de los desechos.
- Mitigación de los impactos ambientales negativos originados por el inadecuado manejo de los desechos sólidos.
- Promoción de mecanismos de participación de la población e instituciones claves en las iniciativas de mejoramiento del sistema de gestión de desechos sólidos.
- Incremento de los niveles de educación ambiental en la población.
- Oportunidad de implementar modelos de gestión de recursos humanos “Estructuras Gerenciales” apropiadas para la gestión ambiental de los desechos sólidos.
- La voluntad política de las autoridades municipales y de los habitantes es un requerimiento básico para implementar un plan de manejo de desechos sólidos. Ambos deben considerar el proyecto como suyo y comprender cuáles son sus beneficios. Asimismo, para una correcta implementación del plan, las municipalidades deben contar con las siguientes herramientas (Díaz, 2007):

Sistema administrativo: Sin una eficiente administración, el sistema no funcionará de la forma prevista. En algunos casos, será necesario reestructurar todo el sistema administrativo, elaborar manuales de funciones, perfiles del personal, entre otros. Además, la municipalidad puede optar por un sistema de administración propio, privado o mixto.

Partidas presupuestarias: Se deberán modificar o crear dentro del presupuesto anual de la municipalidad partidas que incluyan los ingresos y los costos del sistema, de tal manera que el sistema disponga de fondos propios para cubrir sus necesidades.

Sistema de cobro: Posiblemente se necesite modificar el sistema de cobro, tanto la forma de cobrar como el sistema contable, a fin de lograr la máxima cobertura de recaudación para que el sistema sea auto sostenible. En Nicaragua, la metodología de referencia utilizada actualmente es la Guía PIGARS, desarrollada por el Concejo Nacional del Ambiente de Perú (CONAM-Perú).

La metodología PIGARS propiamente dicha, no es un método como tal, sino que ésta, emplea el término para englobar diversas herramientas y estrategias metodológicas y actividades para la construcción de un plan de manejo de los residuos sólidos en una determinada localidad (Lacayo, 2008).

3.5. Efectos negativos de una inadecuada gestión de desechos sólidos:

Para comprender con mayor claridad los efectos en la salud de las personas, es necesario distinguir entre los riesgo directos e indirectos que provocan.

Riesgos directos: Son los ocasionados por el contacto directo con los desechos, por la costumbre de la población con materiales peligrosos tales como: vidrios rotos, metales, jeringas, hojas de afeitar etc.

Riesgos indirectos: El riesgo indirecto más importante se refiere a la proliferación de animales, portadores de microorganismo que transmiten enfermedades a toda la población, conocidos como vectores. Estos vectores son: moscas, mosquitos, ratas y cucarachas, estos se alimentan de los desechos sólidos y también este ambiente lo favorece para su reproducción, lo que se convierte en múltiples enfermedades desde simple diarreas hasta cuadros severos de tifoidea u otras dolencias de mayor gravedad. En la tabla 1 se observan los principales vectores.

Tabla No.12. Vectores transmisores de organismos patógenos

Vector	Enfermedad	Vector	Enfermedad
Moscas	Fiebre tifoidea Salmonelosis Disenterías Diarrea infantil Otras infecciones	Mosquitos	Malaria Fiebre amarilla Dengue Encefalitis vírica
Cucarachas	Fiebre tifoidea Gastroenteritis Infecciones intestinales Disenterías Diarrea Lepra Intoxicación alimenticia	Ratas	Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis Fiebre de Harverhill Rickettsiosis vesiculosa Enfermedades diarreicas Disenterías Rabia

Fuente: CEPIS/OPS/OMS. 2004

La inadecuada disposición de los desechos sólidos municipales también es fuente de deterioro de los ecosistemas urbanos de borde, como tierras agrícolas, zonas de recreación, sitios turísticos y arqueológicos, entre otros. Estos a su vez, afectan a la flora y fauna de la zona.

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 ciudad.

Vertedero a Cielo abierto:

El botadero de basura es una de las prácticas de disposición final más antiguas que ha utilizado el hombre para tratar de deshacerse de los residuos que él mismo produce en sus diversas actividades. Se le llama botadero al sitio donde los residuos sólidos se abandonan sin separación ni tratamiento alguno. Este lugar suele funcionar sin criterios técnicos en una zona de recarga situada junto a un cuerpo de agua, un drenaje natural, etc. Allí no existe ningún tipo de control sanitario ni se impide la contaminación del ambiente; el aire, el agua y el suelo son deteriorados por la formación de gases y líquidos lixiviados, quemados y humos, polvo y olores nauseabundos.

3.6. Marco legal para el manejo de desechos sólidos:

Las normativas que regulan el manejo de desechos sólidos a nivel nacional, publicadas en el Diario Oficial La Gaceta, son las siguientes:

Constitución Política de Nicaragua. Establece en el artículo 60 que los nicaragüenses tienen derecho de habitar en un ambiente saludable y que es obligación del Estado la preservación, conservación y rescate del medio ambiente y de los recursos naturales.

Ley 641: Código Penal de la República de Nicaragua. En el Libro Segundo, Título XV, se establecen las construcciones prohibidas y los delitos contra la naturaleza y el medio ambiente y los recursos naturales; en el Libro Tercero, Título V, se establecen las faltas contra el medio ambiente y los recursos naturales.

Ley 217: Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. El objetivo de esta ley es establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales.

Decreto 9-96: Reglamento de la Ley General sobre Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Este reglamento establece las disposiciones relacionadas con la gestión de los desechos sólidos.

Ley 290: Ley de Organización, Competencias y Procedimientos del Poder Ejecutivo. Mandata que al MINSA le corresponden las funciones de promover campañas de saneamiento ambiental y de divulgación de los hábitos higiénicos entre la población, formular normas, supervisar y controlar la ejecución de las disposiciones sanitarias en materia alimentaria, de higiene y salud ambiental.

Decreto 71-98: Reglamento a la Ley de Organización, Competencias y Procedimientos del Poder Ejecutivo. Promulga las funciones de la Dirección de Salud Ambiental y Sustancias Tóxicas; éstas son establecer y administrar las normativas y reglamentos que regulan el tratamiento y disposición de basuras y aguas residuales; realizar estudios sobre el tratamiento de las basuras y aguas residuales y las condiciones de sanidad e higiene ambiental; supervisar los centros y actividades económicas que generen basura.

Ley 423: Ley General de Salud. Establece que el MINSA, en coordinación con las entidades públicas y privadas, desarrollará programas de salud ambiental y emitirá las normativas técnicas sobre manejo de los desechos sólidos.

Decreto 394: Disposiciones Sanitarias. Su objetivo es establecer las regulaciones para la organización y funcionamiento de las actividades higiénico sanitarias en los lugares de trabajo y atribuye al MINSA establecer las normas técnicas de control de elementos constitutivos del sistema de tratamiento de aguas residuales y de los desechos sólidos domiciliarios e industriales.

Ley 40: Ley de Municipios y Ley 261: Reforma e Incorporación a la Ley de Municipios. Dispone que el Gobierno Municipal tendrá, entre otras, la competencia de promover la salud e higiene de la población y que para tales fines deberá realizar la limpieza pública por medio de la recolección, tratamiento y disposición de los desechos sólidos.

Decreto 52-97: Reglamento a la Ley de Municipios. Manda que el Concejo Municipal establezca resolución disponiendo el establecimiento de mercados, las especificaciones de la circulación interna, las normas para el tratamiento de desechos sólidos y líquido de conformidad a las disposiciones sanitarias básicas.

Decreto 47-05: Política Nacional de Manejo de Residuos Sólidos. Tiene por objeto establecer la Política Nacional sobre la Gestión Integral de los Residuos Sólidos Peligrosos y No Peligrosos para el período 2005-2023, así como los principios y lineamientos que la integran, definiciones, planes, acciones y estrategias para su implementación en el territorio nacional.

NTON 05 013-01: Norma Técnica para el Control Ambiental de los Rellenos Sanitarios para Desechos Sólidos No-Peligrosos. El objetivo de esta norma es establecer los criterios generales y específicos, parámetros y especificaciones técnicas ambientales para la ubicación, diseño, operación, mantenimiento y cierre de la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos en rellenos sanitarios.

NTON 05 014-01: Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense Ambiental para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Desechos Sólidos No-Peligrosos. El objetivo de esta norma es establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente.

NTON 05 015-01: Norma Técnica para el Manejo y Eliminación de Residuos Sólidos Peligrosos. Esta norma establece los requisitos técnico-ambientales para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos que se generen en actividades industriales, establecimientos que presten atención médica, tales como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de agentes biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios y centros antirrábicos.

IV. DISEÑO METODOLÓGICO

El presente capítulo aborda la metodología aplicada para la realización del plan integral de gestión ambiental de los residuos sólidos, el cual contendrá materiales y métodos para la realización eficaz del mismo

4.1. Tipo de estudio:

El presente estudio es de carácter descriptivo ya que se analizó el manejo de los residuos sólidos municipales que se generen en el Casco urbano del municipio de San Rafael Del Sur. Con base en los resultados, se elaboró un Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Urbanos (PIGARS) acorde con las características y necesidades del municipio.

Según el alcance temporal el estudio es de corte transversal, debido a que se refiere a un momento específico, o sea que se estudia un fenómeno en un momento dado. Según el carácter de la medida el enfoque del estudio es mixto, se analizaron variables cuantitativas y cualitativas.

4.1.1. Materiales y métodos:

Para recolectar la información del presente estudio se hizo el uso de diversos medios:

- Revisión bibliográfica: Esto es con el fin de manejar la información técnica correspondiente al estudio a realizarse.
- Entrevista con personajes claves: Principalmente se les realizó a los trabajadores de servicio de recolección y el encargado de servicios municipales, con el objetivo de identificar el nivel de compromiso que tienen respecto al manejo de desechos sólidos.
- Caracterización de residuos sólidos domésticos: Se realizó mediante la aplicación del Método del Cuarteo.

- Observación in situ: Para identificar todos los pasos en el manejo de los residuos sólidos en el municipio, haciendo énfasis en los generadores y los encargados de darle su destino final.
- Realización de encuestas: Realizadas con el objetivo de conocer datos que servirían posteriormente en el cálculo de ciertos parámetros de importancia en el estudio y para conocer la opinión de los pobladores.
- Metodología utilizada: Metodología PIGARS, desarrollada por el Concejo Nacional del Ambiente de Perú (CONAM-PERÚ).

La Guía PIGARS fue seleccionada para el presente estudio debido a que promueve la participación de diversos actores, vinculados a la temática de manejo de residuos, se adapta a las características socio-demográficas del área de estudio, los resultados obtenidos al final del proceso son integrales y propositivos ante los problemas identificados y principalmente porque su implementación no requiere recursos económicos excesivos.

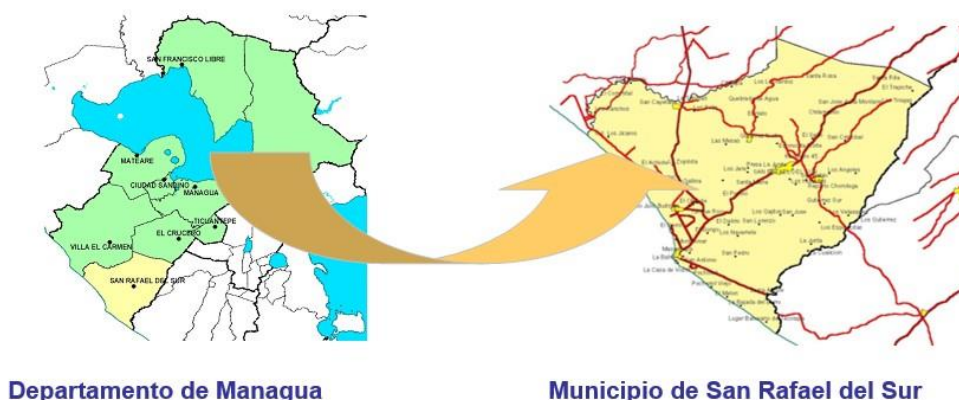
4.2. Localización del área en estudio:

La geología y las características específicas del suelo del terreno son algunos de los factores más importantes a la hora de seleccionar el sitio.

Se puede obtener información acerca de los posibles desplazamientos de la infiltración de agua y una eventual contaminación de las aguas superficiales y subterráneas. Al mismo tiempo, el estudio de suelo permite evaluar la estabilidad del terreno y la localización y calidad del banco de materiales de cobertura.

El terreno en estudio está localizado en el municipio de San Rafael del Sur el cual es perteneciente al departamento de Managua, está ubicado entre las coordenadas 11° 50' de latitud norte y 86° 26' de longitud oeste, este posee una extensión territorial de 357.3 km.²

Figura No.10. Macro localización



Fuente: INIDE

4.2.1. Criterios a Considerar:

La profundidad del manto freático de las aguas subterráneas deberá cumplir con lo siguiente, a partir del fondo del relleno:

- En suelo limo-arenoso 8 m de profundidad.
- En suelo limoso, mínimo 5 m de profundidad.
- En suelo arcilloso, mínimo 2 m de profundidad.

No se permite la ubicación del relleno sanitario en suelos areno-gravosos.

El sitio propuesto debe estar a una distancia mínima de 1000 m de las fuentes destinadas al abastecimiento de agua potable, sean aguas superficiales o pozos. No deben existir pozos excavados a una distancia menor de 75 m. alrededor del perímetro del relleno sanitario.

La ubicación del terreno debe estar a una distancia no menor de los 1000 m del perímetro de la ciudad o poblado.

Debe considerarse la utilización futura del terreno para integrarlo al ambiente natural una vez terminada su vida útil.

La vida útil del terreno no debe ser menor de 10 años.

El relleno sanitario no debe ubicarse a menos de 60 m de las fallas geológicas.

El relleno sanitario no debe ubicarse en zonas inestables, como:

- Excavaciones de túneles.
- Zonas de derrumbes.
- Hundimientos naturales.

No se permite la ubicación de relleno sanitario en llanuras de inundación, se debe tomar como parámetro periodos de retorno de 50 años.

4.2.2. Otros Criterios a considerar:

- Área de terreno disponible.
- Impacto del procesamiento y recuperación de recursos.
- Distancia de acarreo.
- Condiciones del suelo y topografía.
- Condiciones climatológicas.
- Hidrología de aguas superficiales.
- Condiciones geológicas e hidrogeológicas.
- Condiciones ambientales locales.
- Uso potencial para el sitio ya llenado.

4.3. Parámetros que se deben considerar en el análisis y evaluación del sitio en estudio.

Tipo de suelo: un relleno sanitario debe estar localizado de preferencia sobre un terreno cuya base sea un suelo areno-limo-arcilloso, también son adecuados los limos arcillosos y se debe evitar suelos areno-limoso (franco arenoso).

Permeabilidad del suelo: Es la mayor o menor facilidad con que la percolación del agua ocurre a través de un suelo. El coeficiente de permeabilidad (k) es un indicador de la mayor o menor dificultad con que un suelo resiste a la percolación del agua a través de sus poros.

Profundidad del nivel freático: Tiene que ver con la profundidad que se localiza el nivel freático, se deben de preferir los terrenos bien drenados con el nivel freático a más de un metro de profundidad durante todo el año. Los terrenos mal drenados hay que descartarlos.

Disponibilidad de material de cobertura: Los terrenos planos que cuentan con un suelo limo-arcilloso y el nivel freático a una profundidad tal que no haya posibilidad de contaminar las aguas subterráneas por la disposición de desechos sólidos.

Por el contrario, si el suelo es arenoso o el nivel freático está a poca profundidad, se debe impermeabilizar el terreno y luego acarrear el material de cobertura de otro sitio.

Las hondonadas o terrenos ondulados pueden brindar una buena posibilidad de material de cobertura, al nivelar el terreno y hacer los cortes de las laderas de las depresiones.

4.4. Procedimiento utilizado para realizar el estudio:

Los procedimientos para la realización de estudios básicos se detallan a continuación:

4.4.1. Universo del estudio:

La Cabecera Municipal de San Rafael del Sur, objeto de este análisis ha sido clasificada como un Centro Secundario, por la jerarquización de Centros Poblados, elaborada por el INETER, sin embargo, este término ha sido actualizado y se denomina Ciudades Pequeñas, son centros intermedios ubicados en un rango poblacional entre 5 mil y 10 mil habitantes. Administrativamente cumplen funciones de nivel municipal. Sirven de apoyo a las ciudades medianas y en su área de influencia a los pueblos y villas. San Rafael del Sur es un centro secundario ya que tiene un rango de población entre 10 mil y 30 mil habitantes.

El Área Urbana de San Rafael del Sur; posee una organización o división administrativa interna conformada por cuatro Distritos, los que a su vez alojan a diez barrios dentro del límite urbano actual.

Se tomó como universo el casco urbano del municipio de San Rafael Del Sur. La población del municipio según el censo nacional en el año 2005, y tomando como base las proyecciones de población del INIDE es de 42,417, desagregándose por área de la siguiente manera:

Tabla No.13. Distribución poblacional municipal

Población Urbana	10,802 habitantes (25.4%)
Población Rural	31,615 habitantes (74.5%)

Fuente: INIDE, 2005

El municipio en 1995 contaba con 37,062 habitantes, en 2005 aumento a 42,417 habitantes, lo que representa una tasa anual de crecimiento en el último periodo intercensal del 1.14%.

4.4.2. Determinación del número de muestra:

Para determinar el número de muestras representativas por estratos socioeconómicos se tiene que:

$$n = \frac{V^2}{\left[\left(\frac{E}{1.962} \right)^2 + \left(\frac{V^2}{N} \right) \right]} \quad (\text{CEPIS, 2002})$$

Donde:

n = Numero de muestras

V = Desviación estándar de la variable (X= PPC de la vivienda 1) $\left(\frac{gr}{hab/dia} \right)$

E = Error Permisible en la estimación de PPC $\left(\frac{gr}{hab/dia} \right)$

N = Número total de viviendas del estrato definido

Valores Recomendados:

Para efectos de analizar los cálculos de la formula se recomienda utilizar los siguientes valores:

Error Permisible	$50^{gr}/hab/dia$
Confiabilidad 95%	1.96
Desviación Estándar	$250^{gr}/hab/dia$

4.4.3. Variables e indicadores del estudio.

Las variables en estudio (Ver tabla) son las características físicas de los residuos sólidos, que corresponde a la variable independiente y el manejo de los residuos sólidos que es la variable dependiente, ya que el manejo depende de las características de los residuos sólidos, tales como la cantidad generada, la densidad y composición física.

Tabla No.14. Variables e indicadores del estudio

Variables	Indicadores	Técnica	Instrumento
Características físicas de los residuos solidos	Peso	Método de Cuarteo	Formato de registro
	Densidad		
	Volumen		
	Producción total y Per-Cápita (PPC)		
	Composición Física		
Manejo de los Residuos Solidos	Generación	Encuestas basadas en la metodología PIGARS	Entrevistas, (Ver Anexo)
	Separación		
	Recolección y Transporte		

Variables	Indicadores	Técnica	Instrumento
	Barrido		
	Tratamiento y disposición final		

Fuente: Elaboración propia

4.4.4. Promocionar, motivar y lograr la participación de la población:

Para esto se visitó cada hogar seleccionado un día antes de comenzar la caracterización, con el objetivo de conocer el punto de vista de la población, todo esto con la ayuda de una encuesta en la que se registró la cantidad de personas por vivienda para facilitar en los cálculos posteriores la producción per cápita, entre otras cosas.

4.4.5. Determinación de la densidad.

Una vez determinadas las viviendas a muestrear se procedió a recolectar las muestras de basura por las viviendas ya seleccionadas en un camión asignado por la alcaldía municipal.

Cada día las bolsas de los tres estratos fueron llevadas a un punto de concentración de los desechos (Costado Norte del Cementerio Municipal) para la determinación de su densidad y composición.

Para la determinación de la densidad se vertió el contenido de todas las bolsas de un mismo estrato en un barril plástico, se sacudió con el fin de que la basura ocupara los espacios vacíos que existían en este, para asentar y nivelar los desechos.

Se midió la altura de los desechos dentro del barril. Dado que se cuenta con el diámetro del barril, se calculó con la altura ya obtenida el volumen total ocupado por la basura.

Conociendo el peso total de la basura por estrato se determinó la densidad en kilogramos por metros cúbico.

4.5. Justificación técnica de la metodología seleccionada:

En Nicaragua, estudios diversos realizados con fines de caracterización de volúmenes de producción de residuos a nivel municipal, y para efectos de planificación de los mismos, han sido realizados bajo la aplicación del método de cuarteo, método desarrollado bajo autoría del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente CEPIS adscrito a la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS, 2002); con el cual se han alcanzado resultados satisfactorios para los propósitos utilizados.

Basado en lo anterior y en otras consideraciones descritas a continuación, se decidió emplear el método de cuarteo para dar salida al objetivo general y primero de este trabajo investigativo.

- Es un método desarrollado por instituciones científicas que gozan de prestigio internacional; evidentemente éste, muestra alto nivel de confiabilidad, validez y objetividad en cuanto a la calidad de la información que se puede llegar a obtener.
- Su utilización, como método de estudio a nivel académico e investigativo es altamente difundido por instituciones gubernamentales, científicas y ambientalistas en el contexto Regional y Latinoamericano en general (SEMARNAT-México, CCAD, CONAM-PERÚ, PROARCA, CEPIS/OPS/OMS), para caracterización de residuos sólidos en ciudades menores a 500,000 habitantes.
- En lo que respecta a la decisión de utilizar la denominada metodología FIGARS desarrollada por el Consejo Nacional del Ambiente de Perú (CONAN-PERÚ, 2002). Ésta, fue seleccionada por que promueve la participación de diversos actores vinculados a la temática y se adecua a las características socio-demográficas del área de estudio.

4.6. Elaboración del Plan Integral de Gestión de Residuos Sólidos:

La metodología de referencia utilizada para elaborar el respectivo Plan Integral de Gestión Ambiental de los residuos sólidos urbanos del Casco Urbano del municipio de San Rafael del Sur, es la metodología PIGARS, desarrollada por el Consejo Nacional del Ambiente de Perú (**CONAM-PERÚ**).

Es necesario aclarar que la metodología PIGARS desarrollada por el Consejo Nacional del Ambiente de Perú (**CONAM**) propiamente dicha, no es un método como tal, sino que ésta, emplea el término, para englobar diversas herramientas y estrategias metodológicas y actividades para la construcción de un plan para el manejo integral de los residuos sólidos en una determinada localidad.

Es importante señalar que para efectos de la planificación del PIGARS-San Rafael del Sur, se modificaron las fases que plantea la metodología PIGARS (CONAM, 2002); con el objetivo de adaptarla a las particularidades del municipio principalmente.

En la figura se presentan resumidos los pasos aplicados para la elaboración del PLAN, adaptado del modelo original propuesto por el Consejo Nacional del Ambiente de Perú.

Figura No.11. Esquema Grafico para la planificación del PIGARS



Fuente: CONAM

Seguidamente se describe el proceso metodológico aplicado durante el desarrollo del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Urbanos, FIGARS San Rafael del Sur.

4.6.1. Paso 1: Organización local para el desarrollo de un FIGARS

Las nuevas tendencias en la planificación destacan las ventajas de involucrar activamente a las personas y grupos que tienen un interés o incidencia en un problema en particular, tanto en la formulación, como la ejecución y la evaluación de los planes, programas y proyectos.

Mientras mayor participación tengan los actores sociales en las diferentes etapas del proceso de planificación, mejores serán los resultados.

Por lo que, en esta investigación, se le propone a la municipalidad, salir de la rutina, de lo habitual y desarrollar un proceso de planificación participativa o planificación con participación ciudadana.

La participación de diversos actores en el proceso de planificación permitió un cambio en la actitud de las personas hacia el de diálogo, la negociación y la búsqueda de consensos, de manera que pasen de enfrentarse y verse como adversarios o "enemigos" a ser "aliados" hacia un objetivo común.

Para establecer las bases organizativas y operativas para el resto del proceso de elaboración del Plan y su implementación. Está compuesta por:

6.6.1.1. Identificación de actores y planeamiento del FIGARS:

Este fue un paso fundamental para las demás actividades del proceso, porque comprendió la identificación y la motivación de los principales actores sociales interesados para que se integraran de manera permanente o específica al grupo

que coordinará la elaboración del PIGARS, con sus diferentes componentes, su puesta en práctica, el monitoreo y la evaluación de los avances.

Los actores relacionados con el sistema de gestión de residuos sólidos fueron:

Representantes de la Municipalidad: Es responsable de la gestión de residuos sólidos en su jurisdicción territorial, según facultad estipulada por Ley. Incluyó dos tipos de actores: a) las autoridades políticas (concejo municipal) y b) el personal administrativo, técnico y operativo de servicios municipales.

Representantes de organizaciones comunales: Consejos de Participación Ciudadana (CPC).

Centro de Educación Superior: La universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Pedro Arauz Palacios (UNI-RUPAP), por ser una institución de capacitación, investigación y convocatoria a debates, y disponen de personal calificado en los diversos campos relacionados con el sistema de gestión de residuos sólidos, por lo cual la participación de esta resulta imprescindible.

4.6.2. Paso 2: Diagnóstico situacional sobre la gestión de residuos sólidos y validación del mismo

En general, esta sección describe la forma cómo se debe realizar una evaluación integral del estado del servicio de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos municipales, con la finalidad de establecer el punto de partida al PIGARS.

4.6.2.1. Aspectos gerenciales, administrativos y financieros del servicio:

La valoración y análisis, se realizó mediante la aplicación de diversos instrumentos, estrategias metodológicas y la ejecución de actividades aplicadas de manera secuencial y paralela durante el desarrollo del proceso.

Entre ellas las siguientes:

- Se analizó de manera crítica la información contenida en el Manual de Organización y Funciones internas de la alcaldía municipal de San Rafael del Sur, prestando especial énfasis a las funciones específicas contempladas para el recurso humano, de la dirección de servicios públicos municipales.
- Se hizo con el objetivo de disponer de elementos de juicio para sugerir como recomendación general, una eventual modificación a dicho manual, describiendo específicamente los puntos o aspectos que requieren ser modificados para alcanzar un mayor nivel de eficiencia, en cuanto a la administración y prestación del servicio en general.
- Revisión de fuentes bibliográficas.

4.6.2.2. Aspectos técnicos y operativos del servicio:

Durante esta parte del diagnóstico se emplearán herramientas metodológicas para generación y búsqueda de información tales como:

- Encuestas
- Entrevistas
- Visitas de campo

Los aspectos técnicos y operativos del servicio, incluirán el desarrollo de las etapas enumeradas a continuación, que para efectos de diseño y formulación del PIGARS estarán sujetas a valoración y análisis:

- Almacenamiento de los residuos
- Barrido
- Recolección y transporte
- Tratamiento y disposición final

4.6.2.3. Caracterización de los residuos sólidos:

La Caracterización de los Residuos Sólidos generados en el municipio de San Rafael del Sur, se realizará mediante la aplicación del “Método de Cuarteo”, método ampliamente utilizado para caracterizar residuos sólidos generados en ciudades pequeñas de América Latina; validado y reconocido por el Centro

Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente
CEPIS/OPS/OMS.

La caracterización, implicó el cálculo y procesamiento de las siguientes variables para su posterior análisis:

- Producción Total y Per Cápita
- Volumen
- Densidad
- Composición física

Para la caracterización de residuos sólidos solo se tomaron en cuenta únicamente los residuos domésticos provenientes del casco urbano del municipio de San Rafael del Sur.

Una vez determinada la muestra se escogieron las casas de las que se obtendrían los residuos sólidos. Para la recolección de éstos se utilizó un camión de la alcaldía el cual cuenta con un volumen de 2m^3 y 3 ayudantes que se encargan de la recolección diaria de la basura en la ciudad.

Se hizo una selección de viviendas a las cuales se visitó, donde estas se clasificaron de acuerdo a un código proveniente conforme el día y la zona dependiendo de su ubicación, el cual se colocó como una pegatina en la bolsa.

En los sitios a muestrear se realizaron encuesta a los habitantes para conocer el número de personas en el domicilio, el manejo que realizan de los residuos, la capacidad de pago, entre otras; con el fin de recopilar datos para obtener la PPC, densidad, etc.

Dichas encuestas se realizaron una semana antes con el objetivo de que al terminarla se le dejara una bolsa en la cual ellos depositarían los residuos generados durante todo el día, restos que se recolectarían a la semana siguiente,

Las bolsas fueron entregadas diariamente para recordar a la gente que depositarán los residuos generados únicamente el día de turno, y así no interferir con el estudio muestras que no correspondiesen al día de generación.

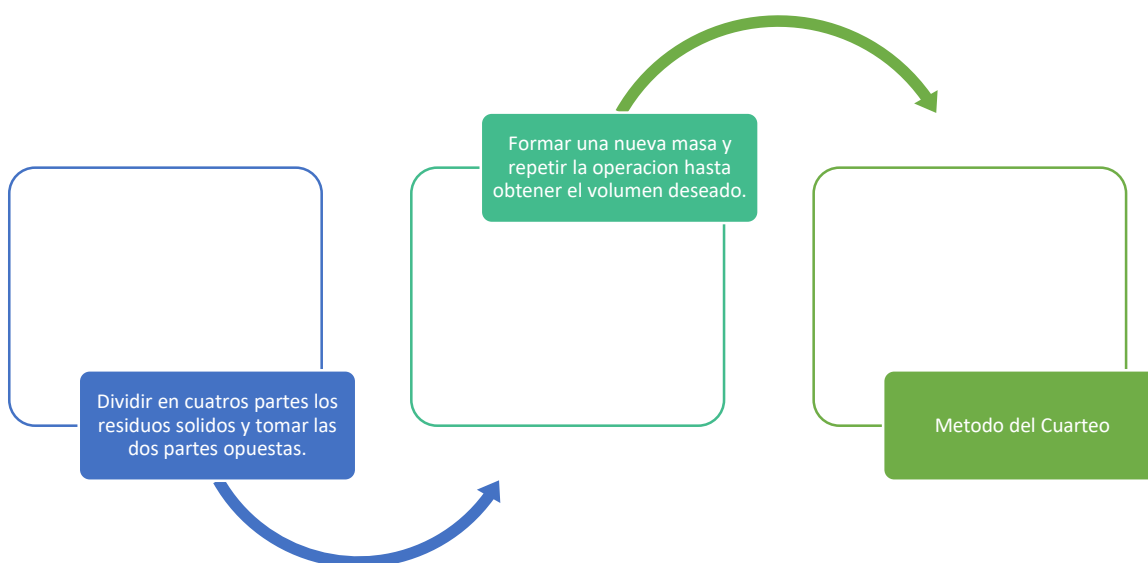
A partir del primer día de recolección se procedió a realizar el análisis de los residuos recolectados.

La actividad realizada el día uno, sirvió de base para afinar detalles en la aplicación del método y la recolección de las muestras de residuos por las viviendas seleccionadas.

El análisis fue realizado en el costado norte del Cementerio Municipal del Municipio de San Rafael Del Sur, único sitio que presentaba las condiciones idóneas para la realización de esta actividad debido a que es un lugar cerrado, amplio y privado.

Lugar en el que se procedió a realizar la medición del barril el primer día, medición del peso por estrato, densidad de los residuos, así como la composición física una vez aplicado el Método del Cuarteo.

Figura No.12. método del cuarteo



Fuente: Elaboración Propia

En este sitio se inició colocando los instrumentos y útiles necesarios para el estudio como la pesa en la cual se tomó el peso de cada bolsa y el plástico negro de 4 x 2.5 metros entre otras cosas como rastrillos, palas, barril, etc.

Una vez pesada cada bolsa se vertían los residuos por cada estrato en un barril plástico con una capacidad de 5 galones, el cual se pesó nuevamente para conocer el peso por estrato, éste se agitó levemente para que los residuos ocuparan los espacios vacíos y proceder a medir el espacio ocupado por ellos en el barril, con una cinta se midió la altura ocupada calculando a su vez el volumen y así calcular la densidad, este procedimiento se repitió para cada estrato diariamente

Los residuos que se encontraban dentro del barril fueron vertidos sobre el pliego de plástico para que de esta manera fueran mezclados usando un rastrillo y dos palas con el fin de obtener una mezcla homogénea; ésta se dividió en cuatro partes en forma de cuadrantes de los cuales se escogieron dos cuadrantes opuestos el resto fue desechado de inmediato, éste procedimiento se realizó por segunda vez hasta tener una muestra representativa para cada estrato, todo esto con el objetivo de reducir el volumen de la muestra y así proceder a clasificar los residuos.

De la muestra resultante del cuarteo se clasifican los residuos en Materia Orgánica, Cartón, Plástico, Textil, Papel, Lata, Vidrio y Otros (Huesos, Hule, Porcelana, Madera, etc.), luego cada componente fue pesado.

La muestra de lixiviados se generó a través de una muestra representativa de materia orgánica obtenida en el último cuarteo, el barril fue dividido en 7 partes una parte fue llenada cada día con un poco de materia orgánica y un poco de agua sucesivamente por 8 días hasta quedar saturada de agua y materia orgánica.

Para que la muestra fuese llevada al laboratorio era necesario molerla y almacenar todo lo secretado, además de su líquido, es decir, el agua almacenada en el balde junto a la materia orgánica durante la caracterización.

Durante la caracterización fueron utilizados equipos de protección como guantes de cuero, con el propósito de aumentar al máximo nuestra seguridad personal.

Lista de Materiales Utilizados en la caracterización domiciliar

Materiales	Cantidad	Materiales	Cantidad
Plástico Negro		Cartulina	
Pala		Marcadores	
Rastrillo		Cinta Adhesiva	
Escoba		Lapicero	
Pesa de Reloj (150Kg)		Libreta	
Bolsa de Plástico (Paquete)		Barril de Plástico (5 Gal)	
Cinta Métrica			
Guantes de Cuero			

Fuente: Elaboración propia

Este estudio se hace con el fin de obtener la PPC de una zona en este caso del casco urbano del Municipio de San Rafael del Sur, y así conocer la producción por día del territorio y también la densidad de los residuos sólidos generados en este sitio.

Para el cálculo del valor medio PPC diario y final, se utilizó la siguiente fórmula:

$$PPC = \frac{1}{7} \left(\frac{\sum \text{Peso}}{\sum N^{\circ} \text{ de habitantes de la zona}} \right)$$

Producción total de residuos sólidos domiciliarios: La producción total de residuos sólidos domiciliarios que se generaran en el Municipio de San Rafael del Sur, se obtendrá como resultado de multiplicar la variable (PPC), por el número total de habitantes del área urbana.

$$PPC = PPC \times N^{\circ} \text{ total de habitantes}$$

4.6.3. Paso 3: Establecimiento de los objetivos y alcances del PIGARS:

Los objetivos y alcances que regirán al PIGARS, serán diseñados en base a los resultados del diagnóstico situacional del servicio en sus aspectos gerenciales, administrativos, financieros y técnicos–operacionales, efectuado en el paso anterior.

El planeamiento de los objetivos y alcances del PIGARS, se centró específicamente en:

- La definición de un horizonte de planeación (tiempo) lo suficientemente largo, que permita el desarrollo sistemático de las diferentes actividades a integrar el plan de acción del PIGARS.
- El establecimiento de un marco referencial “Visión” sobre el nivel de calidad del servicio público municipal que se desea alcanzar, incluidos aspectos ambientales y de salud pública.

4.6.4. Paso 4: Definición de Lineamientos Estratégicos:

La definición de los lineamientos estratégicos que regirán el rumbo del Plan de acción desarrollado, se realizó en base a los resultados del diagnóstico situacional del servicio en sus aspectos gerenciales, administrativos, financieros, técnicos operacionales.

4.6.5. Paso 5: Formulación del plan de acción del PIGARS:

La primera tarea para formular el plan de acción, será la identificación de aquellas acciones o actividades consideradas prioritarias para mejorar la calidad del servicio en sus diferentes aspectos; para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos. Lo anterior, se ejecutará en base a los principales problemas identificados en la fase de diagnóstico sobre los aspectos en cuestión. El plan de acción para el manejo de los residuos en el municipio, está diseñado conforme a los lineamientos, objetivos y principalmente al plan de acción,

enmarcado en la POLÍTICA NACIONAL SOBRE GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS Y NO PELIGROSOS (2004-2023).

El respectivo plan de acción al PIGARS, será estructurado en una matriz, incorporando los siguientes criterios: Objetivos, Metas, Acciones o actividades, Indicador, Responsable, Periodo de ejecución, Adicional a la formulación del plan de acción, se diseñará una estrategia para su implementación; ésta, será construida en base al análisis que se realizará con la información recopilada durante la fase de diagnóstico, al planteamiento de los objetivos y alcances del plan.

		<p>Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el Casco Urbano del municipio de San Rafael del Sur</p>			
Lineamientos					
Objetivos					
Metas					
N°	Acciones	Indicadores	Unidad ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución

La estrategia de implementación diseñada, consiste básicamente, en proponer de manera puntual, algunas recomendaciones generales a ser ejecutadas por parte del Gobierno Municipal, tendientes a garantizar el cumplimiento de los objetivos y del plan de acción.

Para lograr una efectiva, amplia y correcta participación de todos los sectores de la sociedad (ONG, población, Gobierno Local), es necesario trabajar en la

creación y posterior implementación de instrumentos de gestión económicos y ambientales. Por ejemplo: exoneración de impuestos municipales, rebaja de tasas por pago de servicios, garantías fiscales, entre otros.

La correcta implementación del instrumento requiere un proceso de capacitación en materia de gestión de residuos sólidos a todos los actores locales involucrados; funcionarios de Alcaldía, MINED, MARENA, MINSA, Procuraduría Ambiental, Policía Nacional, sector privado, ONG, centros de educación primaria, secundaria, universidades y sociedad civil.

Para lograr una efectiva aplicación del instrumento se requiere estrechar los vínculos de cooperación, a través de la firma de convenios entre el MARENA, MINSA, MINED, Procuraduría Ambiental, universidades y ONG con la Alcaldía Municipal; específicamente en temas de residuos sólidos que contribuya al desarrollo de las actividades inmersas en el PIGARS.

4.7. Disposición final de los residuos sólidos y subproductos:

La implementación de la disposición final de los residuos y sub productos se realizó en base a los resultados obtenidos en el diagnóstico adoptado por la municipalidad.

4.7.1. Evaluación de sitios:

El sitio en el cual se construirá el relleno sanitario para la disposición final de los residuos sólidos ya está asignado, debido a que la municipalidad no cuenta con los recursos monetarios suficiente para comprar un terreno en otro lugar que cumpla con los parámetros que rigen un relleno sanitario. Éste ha sido evaluado tomando en cuenta su impacto sobre el entorno social, ambiental y aspectos técnicos basándose en los datos recogidos durante los reconocimientos de campo y en los criterios establecidos en las normas de selección de sitios para la disposición final de residuos sólidos según La Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense (NTON 05 013-01).

4.7.2. Evaluación ambiental:

Los elementos utilizados para la evaluación ambiental del sitio, se presentan en la Tabla. Posterior a la realización de los estudios básicos, analizar y decidir la capacidad del sitio para su futuro diseño.

a) Elementos de la evaluación ambiental:

Tabla No.15. Aspectos e indicadores, evaluación socio-ambiental y natural:

Aspectos de Evaluación	Descripción	Indicadores
Entorno Social	Separación de una comunidad	Ubicación y áreas de comunidades
Dispersión Comunal	Desconexión de una carretera comunal para transporte escolar y laboral	Ubicación de iglesias y cementerios
Traslado forzado	Impacto sobre el área residencial	Existencia de colegios y hospitales
Instituciones religiosas	Traslado de una iglesia o cementerio	Visibilidad desde carreteras comunales
Facilidades publicas	Impacto sobre colegios y hospitales	Existencia de un mirador u observatorio
Visibilidad del relleno	Si está dentro de futura área urbana	Ubicación del sitio
Futuro uso del suelo cerca del sitio	Compatibilidad con el uso del suelo	Compatibilidad con la ley
Compatibilidad con otras leyes	Otros planes de desarrollo en alrededores	Compatibilidad con otros planes
Contaminación ambiental	Agua de rio y agua subterránea	Existencia de un rio
Contaminación por residuos	Agua potable	Existencia de un pozo

Aspectos de Evaluación	Descripción	Indicadores
Olor, ruido y vibración		Ubicación y áreas de comunidades
Entorno Natural	Colapso de la pendiente	Condiciones topográficas actuales
Colapso de la pendiente	Existencia de pendientes pronunciadas y de áreas erosionadas	Existencia de bosques naturales
Inundación	Impacto sobre la flora existente	Actual uso de suelo
Flora	Cambio de la flora y uso de suelo	
Fauna	Cambio de uso de suelo del sitio	

Fuente: CEPIS, 2005

b) Asignación de Puntos:

Una vez resuelta la determinación y resuelto la insatisfacción de áreas y volúmenes requeridos se procedió a realizar la evaluación del referido sitio. Para la evaluación del sitio propuesto se aplicó los criterios y parámetros establecidos por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS), y el Centro de Ecología y Salud (ECO), Centros Regionales de la Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS).

En la tabla se asigna un puntaje de acuerdo con el cumplimiento de éste con relación a las consideraciones sanitarias, urbanísticas y económicas antes referidas. Como criterio de asignación de puntaje de cumplimiento se especifica lo siguiente: Excelente (4), Muy Bueno (3), Bueno (2), Regular (1), Malo (0).

Tabla No.16. Evaluación del sitio según NTON 04-014 01

Parámetro	Valor Guía	Valor Real	Cumplimiento
-----------	------------	------------	--------------

Distancia del perímetro urbano	>1000m		
Tiempo de traslado del centro urbano al sitio	<30min		
Ubicación respecto a la dirección del viento	Sotavento		
Protección de los recursos naturales	Condiciones Ambientales		
Distancia de fuentes de aguas superficiales	>1000m		
Profundidad del manto freático	>10m		
Distancia desde el perímetro al municipio	>1000m		
Vida útil	>10 años		
Tipo de suelo			
Pendiente del terreno	>1%		
Costo y Legalidad del terreno	Municipal		
\sum Puntos			
% Cumplimiento			

Fuente: NTON 04-014

Basándose en los Indicadores del cuadro anterior, se construye un cuadro de asignación de puntos estándar (con números discretos). Los resultados serán expresados a través de puntos asignados a cada aspecto de evaluación: 2 puntos al sitio de menor impacto sobre el medio ambiente, 1 punto al de impacto medio y 0 al de mayor impacto.

Tabla No.17. evaluación socio-ambiental del sitio del vertedero actual:

Indicador de Evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Entorno Social			
Compatibilidad con la ley	0	No Cumple	
	1	Mejorable	
	2	Cumple	
Compatibilidad con otros planes	0	No Cumple	
	1	Mejorable	
	2	Cumple	
Iglesia	0	Hay en el sitio	
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Cementerio	0	Hay en el sitio	
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Escuela	0	Hay en el sitio	
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Facilidades Medicas	0	Hay en el sitio	
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	

Indicador de Evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Visibilidad desde Carretera	0	La mayoría del sitio puede verse desde la carretera	
	1	Parte del sitio no puede verse debido a obstáculos	
	2	Casi todo el sitio no puede verse desde la carretera	
Mirador u Observatorio	0	Hay en el sitio	
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Resultante Entorno Social			

Indicador de Evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Entorno Ambiental			
Paisaje Bello	0	Hay en el sitio	
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Terreno Actual	0	Pendiente pronunciada en el sitio	
	1	Pendiente suave cerca del sitio	
	2	Terreno llano en el sitio	
Bosque	0	Hay en el sitio	
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Uso Actual de Suelo	0	Tierra Natural	
	1	Tierra Cultivable	
	2	Tierra no Cultivable	

Indicador de Evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Resultante Entorno Ambiental			

Fuente: NTON 04-14

4.7.3. Investigaciones hidrogeológicas:

Para fines de estudio se recopiló información de hidrogeología y Meteorología en el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), con el propósito de conocer los parámetros referentes a precipitación (Ver Anexo No.7).

4.8. Cálculo de los volúmenes de los desechos sólidos y área requerida para el relleno sanitario:

Estudiando las condiciones topográficas del terreno, las características del suelo natural y la profundidad del nivel freático, se definieron dos métodos constructivos a utilizar: El método de área y el método de trinchera.

Tomando en cuenta el nivel de compacidad relativa de la mayoría de los estratos que va de medio densa a muy poco densa, se podrán realizar excavaciones de hasta 10.00 metros sin incurrir en riesgos ambientales tal como se mencionó en la sección anterior, ni en el uso de equipos especializados y por ende sin incurrir en gastos excesivos.

En lo que refiere a la economía de operación se contempló que no subirán los costos del mismo puesto que no se tendrían que acarrear material de cobertura desde otras áreas adyacentes, ya que por la misma facilidad de excavaciones en el terreno se podrá contar con suficiente material apropiado, limo-arcilloso para realizar dicha operación.

Con el fin de valorar si el sitio disponible tenía suficiente área para enterrar los Residuos Sólidos para un período de 20 años (vida útil solicitada) se hizo el

cálculo y se observó que el sitio dispone de área suficiente para el relleno sanitario.

Tabla No.18. Datos básicos de diseño para estimar volúmenes

Población	
Tasa de Crecimiento Anual	
Periodo de Diseño	
PPC Diaria	
Densidad de Desecho Suelta	
Densidad de Desecho Compactada	
Densidad de Desecho Estabilizada	
Volumen de Tierra para Cobertura	
Volumen de Relleno	
Altura de Relleno	

Cálculo de Volúmenes de Desechos y Áreas del Relleno Sanitario		
N°	Columna	Operación
1	Año	Se escriben los años correspondientes al periodo de diseño
2	Población	$P_n = P_o(1 + i)^n$
3	PPC	$PPC_N = PPC_o(1 + i_{PPC})$
4	Diario	$Diario = P_n \times PPC_N$
5	Anual	$Anual = \frac{Diario \times 365}{\frac{1000kg}{Ton}}$
6	Acumulado	Volumen Anual Acumulado
7	Desechos Sólidos Compactados Diarios	$D. S. C. D. = \frac{Diario}{Densidad\ de\ desechos\ compactados}$
8	Desechos Sólidos	$D. S. C. A. = D. S. C. D. \times 365$

Cálculo de Volúmenes de Desechos y Áreas del Relleno Sanitario		
	Compactados Anual	
9	Estabilizado Anual	$E. A. = \frac{\text{Diario} \times 365}{\text{Densidad de desechos estabilizados}}$
10	Área Relleno Anual Estabilizado	$A. R. A. E. = \frac{E. A.}{\text{Profundidad de Excavacion}}$
11	Rellenos Acumulados	Volumen Anual Acumulado de Residuos Sólidos Estabilizados Mas Material de Cobertura
12	Área Total	Relleno Acumulado \times Area del Relleno Sanitario + 35% Area de Servicio

Fuente: Elaboración propia

4.8.1. Diseño de las trincheras para el relleno sanitario:

Los criterios que se han utilizados para el cálculo y el dimensionamiento de las trincheras fueron los siguientes:

- Se define que las zanjas serán construidas con maquinaria pesada que generalmente tiene un rendimiento de 20m³ por hora de corte.
- La población equivalente a servir.
- La producción per cápita media a utilizar.
- La cobertura del servicio de recolección.
- El material de cobertura es de 20% del volumen de desecho a enterrar.
- La densidad de desecho compactada en el relleno.
- La densidad de desecho estabilizada.

$$\text{Tiempo de Maquinaria} = \frac{\frac{\text{VRSE(Total Anual)}}{2}}{\text{Rendimiento de Maquinaria}}$$

$$\text{Dimensionamiento de la Celda} = \frac{\text{Ds generada} \times \text{Frecuencia} \times 1.20}{\text{Densidad de desecho compactada}}$$

$$\text{Volumen de Celda diaria} = \text{Altura} \times \text{Ancho} \times \text{Largo}$$

$$\text{Largo} = \frac{\text{Volumen de la Celda diaria}}{\text{Altura} \times \text{Ancho}}$$

4.8.2. Método simplificado para la estimación de líquidos percolados:

Este método se basa en una relación empírica que establece que el percollado es una función directa de la compactación de la Residuos Sólidos en el suelo. Para el caso particular de los lixiviados del relleno sanitario, el procedimiento que se siguió fue el de correlación entre el área total calculada para la disposición final de los desechos sólidos durante la vida útil reflejada, la precipitación normal anual de la cuenca en donde se encuentra el relleno sanitario, para primero estimar la cantidad aproximada de este lixiviado que se percola en la base del relleno sanitario en un tiempo determinado.

Ambos parámetros, área y precipitación son afectadas por un factor K que está en dependencia del grado de compactación aplicada tanto a los desechos sólidos como a los materiales de cobertura intermedias y finales.

$$Q = KPA$$

Donde:

P = Precipitación Media Anual

A = Área del Terreno

K = Coeficiente Dependiente del Grado de Compactación

Q = Caudal de Lixiviados Producidos

Tabla No.19. Valores que toma el Coeficiente K

Grado de Compactación	Valores de "K"
Mayor a 0.7 kg/m^2	15-25%
$0.7 \text{ kg/m}^2 - 0.4 \text{ kg/m}^2$	25-50%

4.9. Diseño de tratamiento de lixiviados:

Los principales factores que se han considerado para establecer la capacidad de la "fosa séptica" son los siguientes:

- El caudal medio de aguas residuales, "q"
- El tiempo de retención de aguas residuales dentro de la "fosa", que generalmente se recomienda sea de 24 horas. Sin embargo, existen algunos criterios que permiten, en algunos casos, reducir el periodo de retención.
- El espacio necesario para la acumulación de los lodos.
- El espacio necesario para la acumulación de las natas.

4.9.1. Definición del Caudal de Diseño:

Para la determinación de la cantidad de lixiviados, ya se realizó en capítulo anterior haciendo uso de dos modelos y/o métodos diferentes.

Tomando en cuenta de que los dos métodos arrojan valores de caudal con diferencias considerables, El método aproximado KPA, por lo tanto, se recomendó construir el sistema con el valor que resulta del KPA.

4.9.2. Calidad de los lixiviados:

Para poder comprobar la calidad de los lixiviados de los residuos sólidos del Municipio de San Rafael del Sur y para establecer algunas relaciones fundamentales para el diseño del sistema, se procesa y analiza informaciones de muestreo y caracterización físico-químico obtenido de forma directa o bien de otros estudios disponibles en el país o a nivel regional. En el caso de éste se ha realizado muestreo de lixiviados de DS frescos de forma directa de esta ciudad. Los métodos utilizados para realizar los muestreos y los análisis cumplen con las normas de la EPA en sus procedimientos.

Los parámetros establecidos más importantes, son los siguientes:

Tabla No.20. parámetros del estudio de lixiviados

Parámetros	Valores	Unidades
pH		
Humedad		%
Fosforo		mg/l
Cloruro		mg/l
Nitrógeno Amoniacal		mg/l
Nitrógeno Total Kendal		mg/l
Sólidos Totales (ST)		mg/l
Sólidos Totales Disueltos (STD)		mg/l
Sólidos Volátiles (STV)		mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST)		mg/l
Sólidos Fijos (SSF)		mg/l
Sólidos Sedimentables (SSD)		mg/l/hr
DBO ₅		mg/l
DQO		mg/l

Con esta información se puede concluir que los lixiviados provenientes del Relleno Sanitario del municipio de San Rafael del Sur son susceptibles a ser tratados por métodos biológicos; quizás uno de los parámetros más importantes como criterio de diseño sea el porcentaje de sólidos volátiles con respecto a los sólidos totales, cuya relación $STV/ST = 0.64$, lo cual en conjunto con la DBO y DQO son indicadores de la cantidad de materia orgánica biodegradable en el afluente de lixiviados crudos.

4.9.3. Cálculo de la Fosa Séptica:

Para la realización de este, el procedimiento que se siguió fue:

Adoptar el valor del caudal de diseño, para luego proyectarlo en el tiempo consiguiendo así un caudal acumulado y ponderado para el diseño del sistema de tratamiento con capacidad de dar cobertura a 25 años. Uno de los elementos

más importantes es el referido a los sólidos (sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos suspendidos volátiles), pues esta información es muy importante para estimar el volumen de la "fosa", particularmente el volumen destinado para el almacenamiento de lodos.

En este caso, el volumen se encuentra mediante:

$$V_1 = \frac{\left\{ \left(\frac{SST \times Q \times 0.7 \times (1 - SSV)}{0.04} \right) \times TR \right\}}{109}$$

Donde:

V_1 = Volumen Útil destinado para el almacenamiento de Sólidos (m^3)

SST = Sólidos Suspendidos Totales

SSV = Sólidos Suspendidos Volátiles

TR = Tiempo de Retención de Sólidos

Q = Caudal de Diseño

109 = Factor de Conversión

Volumen Útil de la Fosa:

$$V_U = (Q \times TRH) + V_1$$

Donde:

V_U = Volumen útil total del Fosa Séptica

TRH = Tiempo de Retención Hidráulica

4.9.4. Filtro Anaerobio:

En el proceso de digestión anaerobia se produce un gas (metano), el cual es altamente volátil, por lo cual puede ser usado eventualmente como fuente de energía (ya sea para cocinar alimentos, o mover determinado tipo de máquinas). En Nicaragua existen múltiples experiencias en el tratamiento de desechos orgánicos por la vía anaerobia con el fin de obtener metano y de esta manera contribuir a resolver los problemas energéticos del país.

Sin embargo, es importante aclarar, que en este caso no se ha propuesto como objetivo la obtención de metano; esto debido a diferentes razones:

- Cuando se trata de centros urbanos con una población y generación de residuos sólidos pequeña como es en este caso es evidente que la producción de metano no es considerable por ende no sería un proyecto energético auto sostenible.
- Se pretende potenciar el sistema anaerobio como instrumento para mejorar la calidad de los efluentes, creando las condiciones necesarias para este fin y no para cualquier otro que tenga como objetivo el aprovechamiento energético.

Para efecto del cálculo, la dimensión del "Filtro anaerobio" se obtiene por la siguiente ecuación:

$$V_{UF} = 1.60 \times Q \times TRH$$

Donde:

V_{UF} = Volumen Útil del Filtro Anaerobio

$$S = \frac{V}{2}$$

Donde:

S = Sección Horizontal (Superficie)

V = Volumen

2 = Profundidad Útil del Filtro

Dimensionamiento de los Reactores:

Sedimentador Primario: Con el volumen encontrado V, superior a 14,911 litro, volumen máximo recomendada por normas brasileñas para que se diera una sedimentación óptima para un sedimentador primario, tipo tanque séptico.

- Sin embargo, dado que este reactor no está diseñado en este caso para jugar un rol predominante de sedimentación, se espera un residual con pocos sólidos, 60 mg/l/hr , cuyo peso, forma, tamaño podrían facilitar la operación de sedimentación (acción de la gravedad sobre dichos sólidos).

- Más bien la primera parte de este reactor, V_U está calculado para que tenga una capacidad de retener nutrientes como sustrato sumamente importante para la vida celular de la siguiente etapa del proceso de biodegradación anaeróbica.

Por lo tanto, se puede diseñar y construir una unidad de Sedimentador primario (Tanque Séptico) de dos cámaras con este doble rol.

A = Profundidad Útil del tanque Séptico

B = Ancho

H = m (Propuesto)

b = m (Propuesto)

Verificación de la dimensión de “b” según normativa:

Relación entre largo L y ancho b

$$2 \leq L/b \leq 4$$

Ancho Interno (b)= no mayor a 2 veces h útil

Sustituyendo el volumen en la ecuación anterior, se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Volumen} &= L \times b \times h \\ V &= 2b \times b \times h = 2b^2 \times h \end{aligned}$$

Despejando, tendremos la nueva ecuación:

$$b = \sqrt{\frac{V}{2H}}$$

Determinación de la Longitud total L del tanque Séptico:

$$L = \left(\frac{V}{b}\right) \times HL$$

Relación entre largo L y ancho b

$$2 \leq L/b \leq 4$$

La fosa séptica se dividirá en dos cámaras que estarán separadas por una pantalla de hormigón armado, con aberturas para permitir el flujo de la primera a la segunda cámara, por lo cual se presenta su cálculo:

- Cálculo de la 1era Cámara: $P_c = \frac{2}{3}L = m$
- Cálculo de la 2da Cámara: $P_c = \frac{1}{3}L = m$

Donde:

P_c = Primera Cámara

S_c = Segunda Cámara

Cálculo de Aberturas en Pantalla:

Área transversal de la fosa= $b \times h = m^2$

Se tomará el 5% del área transversal

Determinación de la Velocidad de Sedimentación de Partículas de reactores del primer periodo:

Considerando:

Tamaño de Partículas a remover= 0.1mm

$$V_0 = 8 \text{ mm/seg} = 0.008 \text{ m/seg}$$

$$\text{Velocidad de Sedimento: } V = \frac{Q}{A}$$

$$\text{Área Vertical a Recorrer: } A = b \times h$$

V. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presenta el análisis de los resultados de la investigación, atendiendo al orden de los objetivos planteados y al diseño metodológico.

5.1. Paso N°1. Organización Local para el desarrollo de un PIGARS.

Para llevar a cabo la implementación total y correcta del PIGARS-San Rafael del Sur deberán intervenir una serie de personas y organizaciones, las que deben instrumentalizar esta herramienta para cumplir con los objetivos finales.

En la siguiente tabla se muestra un mapeo de los actores identificados.

Tabla No.21. Mapeo de Actores de PIGARS-San Rafael del sur

Actor	Interés	Intervención
Municipalidad	<ul style="list-style-type: none">• Disminuir tonelajes de residuos• Optimizar los costos de recolección• Mantener una ciudad limpia y eco amigable	<ul style="list-style-type: none">• Definir políticas ambientales• Apoyar campañas de educación ambiental• Crear reglamentación ambiental• Destinar presupuesto para infraestructura para el correcto destino final de RSU.
MINSA	<ul style="list-style-type: none">• Mantener la salud de los ciudadanos	<ul style="list-style-type: none">• Brindar información

Actor	Interés	Intervención
	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar contaminación 	estadística certera <ul style="list-style-type: none"> • Aplicar leyes y normas de forma estricta
MINED	<ul style="list-style-type: none"> • Colaborar a mantener una ciudad limpia y saludable 	<ul style="list-style-type: none"> • Crear campañas de sensibilización ambiental • Crear campañas de limpieza • Crear campañas enfatizadas a la concientización estudiantil sobre el medio ambiente
MARENA	<ul style="list-style-type: none"> • Proteger mantos acuíferos • Evitar la contaminación del medio ambiente • Prevenir deforestación 	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar la legislación del medio ambiente • Ejecutar campañas de protección de los ríos • Vigilar y supervisar las anomalías ambientales
ONG	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar a la limpieza de la ciudad, la salubridad y el 	<ul style="list-style-type: none"> • Apoyar las campañas de sensibilización ambiental

Actor	Interés	Intervención
	cuido del medio ambiente	<ul style="list-style-type: none"> • Donar recolectores, recipientes y vallas publicitarias ecológicas
UNI	<ul style="list-style-type: none"> • Oportunidad teórico-práctica para tesis • Retroalimentación educativa • Validación de procedimientos de gestión ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollar prácticas profesionales • Crear talleres para compartir información a la población • Compartir resultados de la investigación

5.2. Paso N°2. Diagnostico Situacional sobre la Gestión de Residuos Sólidos

5.2.1. Aspectos gerenciales, financieros y administrativos

La Ley No. 40 “Ley de Municipios”, y la Ley 261, “Reformas e incorporaciones a la Ley No. 40 ley de Municipios “, en su Arto. 7, hace referencia a las competencias y obligaciones de la municipalidad en materia de gestión de residuos sólidos; establece que el Gobierno Municipal tendrá, entre otras, las competencias siguientes, Numeral 1) Promover la salud y la higiene comunal. Para tales fines deberá, Inciso A) Realizar la limpieza pública por medio de la recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos.

La Alcaldía se encuentra organizada por áreas o departamentos, que le permiten cumplir sus responsabilidades como Gobierno Municipal. La obligación

establecida en el Arto. 7, Numeral 1, Inciso A, le corresponde a la Dirección de Servicios Municipales, la cual se encarga de ésta y otras funciones asignadas por la Dirección Superior. Como instrumentos de control y administración de recursos humanos, la municipalidad cuenta con dos manuales, el Manual de Organización y Funciones y el Manual de Puestos.

Los objetivos y funciones de la Dirección de Servicios Municipales se encuentran definidos en el Manual de Organización y Funciones, a su vez determina las relaciones con otras áreas de la Alcaldía y con agentes externos, como el MINSA, MARENA, INIFOM y MINED. Según el Manual, Servicios Municipales atendía las áreas siguientes: Limpieza, Mercado Municipal, Rastro Municipal, Cementerio Municipal y Registro civil. Las obligaciones que desempeña el personal de Servicios Municipales están descritas en el Manual de Puestos. En este se presenta la descripción del cargo, los cargos inmediatos y cargos subordinados, las funciones y los requisitos para desempeñarlo, tales como grado académico, experiencia y aptitudes. Las principales debilidades dentro del Manual, es el grado académico requerido para el cargo de Director de Servicios Municipales. Para optar al cargo, se solicita una persona graduada solo en Administración de Empresas, Arquitectura o Ingeniería, que no son profesionales capacitados técnicamente para el ejercicio adecuado de este cargo. Además, dentro del área se carece de personal que conozca de softwares de utilidad en la planificación y mejoramiento del servicio.

Siendo este un cargo de gran relevancia, requiere del conocimiento de otras disciplinas académicas adicionales, para lograr un mejor desempeño en sus funciones. La ficha ocupacional debería solicitar especialidades como Gerencia Municipal, Gestión de políticas públicas, Gestión Urbana, especialista en manejo de residuos sólidos, formulación de proyectos y planeación estratégica. Otra deficiencia del Manual de Puestos, es que necesita una actualización continua. Todas estas debilidades son limitantes para alcanzar un eficiente desempeño del recurso humano responsable del servicio de limpieza pública. Por tanto, es necesario emplear personal con experiencia y conocimientos técnicos para garantizar una correcta prestación del servicio.

Actualmente, la Dirección atiende las siguientes áreas: Limpieza, Rastro Municipal, Canchas Municipales, Estaciones de Buses y Cementerio Municipal. Debido a esta nueva estructuración, es necesaria la actualización del Manual de Organización y Funciones, de esta forma delimitar las nuevas obligaciones que le corresponden a Servicios Municipales y asegurar el buen cumplimiento de éstas.

La dirección de servicios municipales cuenta con un presupuesto destinado para cumplir con las funciones del manejo de Residuos sólidos. Anteriormente, a la población se le cobraba un costo total de C\$30 córdobas por vivienda, pero las tasas de pago eran demasiado bajas, la población se negaba a sufragar ese gasto, alegando motivos económicos y hasta políticos. Actualmente el servicio se brinda de manera gratuita para la mayoría de la población, a excepción de los negocios del Mercado Municipal, y negocios que tengan un ingreso considerable, los cuales pagan hasta C\$50 córdobas mensuales.

5.2.2. Caracterización de los residuos sólidos

Para realizar la caracterización de los residuos sólidos se determinó el número de muestras representativas por estrato socioeconómico, las cuales fueron distribuidas por barrios de manera proporcional al número de habitantes por estrato, para un total de 61 viviendas muestreadas.

Tabla No.22. distribución muestral

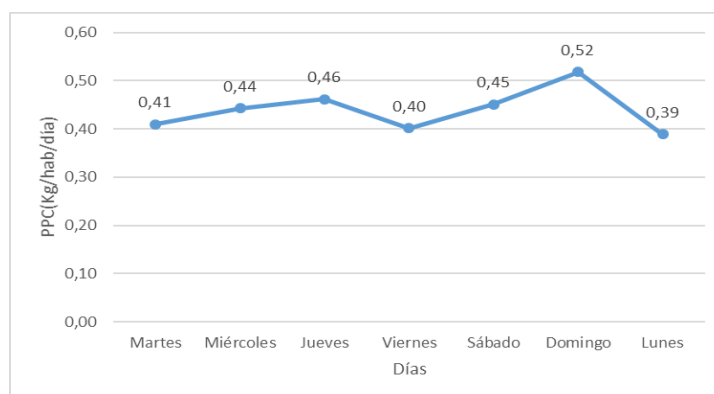
Barrio	Viviendas	Población	% de estrato	Muestras	Código
Las Palmeras	245	785	5.16	2	LP
El Pinol	338	962	7.12	4	PL
Perfecto Gutiérrez	340	733	7.17	2	PG
Colonia Canadá	369	648	7.78	3	CC
Colonia Nicarao	294	669	6.20	2	CN
Pilas	370	921	7.80	2	PI
San Carlos	105	202	2.21	1	SC

Barrio	Viviendas	Población	% de estrato	Muestras	Código
Julio Buitrago	473	1871	9.97	8	JB
Estadio	394	791	8.30	5	ES
Los Jaras	60	158	1.26	1	LJ
El Rastro	213	1284	4.49	4	ER
Las Piedrecitas	268	1498	5.65	6	LP
La Bolsa	461	2481	9.72	11	LB
La Llansa	76	358	1.60	1	LL
El instituto	240	1024	5.06	3	IN
Km 45	133	267	2.80	1	KM
El Granero	366	1900	7.71	5	GR
Total	4745	16552	100	61	

5.2.2.1. Producción per cápita de residuos sólidos

Como resultado del muestro de residuos sólidos realizado del día lunes 23 al lunes 30 de noviembre del 2020, descartándose los datos del día lunes 23 ya que en este día la gente recoge basura de días anteriores. En este muestreo se obtuvieron mediante pesajes diarios la producción per cápita de residuos sólidos de la muestra de 61 viviendas, esta se calculó dividiendo el peso de los residuos sólidos entre el número de habitantes por vivienda, ver tabla de registro en Anexo No. 3. Se determinó que la generación de residuos sólidos por habitante de la ciudad de San Rafael del sur es de 0.45 (Kg/hab/día)

Figura No.13. valores de PPC de muestreo por día



El día que se registró una menor producción de residuos fue el día lunes, con una producción de 0.39 Kg/hab/día, mientras que el día con mayor registro de producción fue el día Domingo con un promedio de 0.52 Kg/hab/d. Se determinó que la producción per cápita de residuos de San Rafael del Sur oscila entre 0.39 a 0.52 Kg/hab/día. Teniendo un valor medio de 0.45 Kg/hab/día.

Fotografía No.1. entrega de bolsas plásticas en viviendas



En la siguiente tabla se muestra la comparación de las tendencias de ppc en algunos municipios de Nicaragua.

Tabla No.23. tendencias de PPC en Nicaragua

Municipio	PPC (Kg/hab/día)
Estelí	0.58
Distrito 1, Managua	0.50
Ocotal	0.40
Santo Tomás	0.52
Puerto Cabezas	0.61
Tipitapa	0.47
Santa Teresa	0.46
Yalaguina	0.57

Municipio	PPC (Kg/hab/día)
Jalapa	0.29
San Rafael del Sur (Presente Estudio)	0.45

Fuente: 1: Flores, et al. (2002), 2: García & Hooker (2017), 3: Díaz (2007), 4: Jiménez & Sánchez (2017), 5: Palma & Sánchez (2017), 6: Velázquez (1999).

Se puede observar que la ciudad de San Rafael del Sur se encuentra con un valor bastante parecido a otros municipios del país, aunque de manera general se encuentra un poco bajo con respecto a algunas ciudades.

Se observa una tendencia en el país de la producción de residuos que está influenciado por el clima (Puerto Cabezas), hábitos de consumo (Managua), por lo que San Rafael del Sur tiene una tendencia a una municipalidad con una malla urbanística no definida, además del nivel económico de la ciudad, dato que se fundamenta en su distribución poblacional por lo que al igual que otras municipalidades del país, tendrá un valor un poco bajo.

5.2.2.2. Composición de los residuos sólidos

La composición física de los residuos sólidos comprende la identificación de los componentes individuales de los residuos domiciliarios. Esta se realizó mediante el método del cuarteo, pesando las muestras y separando por tipo de composición física para el pesaje. Ver tabla de datos en Anexo 4. A continuación, se presentan los porcentajes de estos componentes.

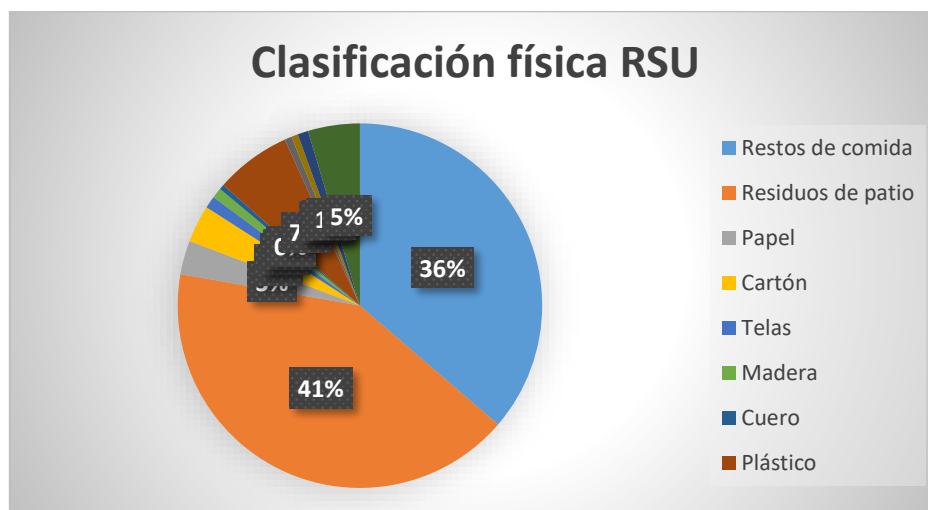
La composición física de los residuos se caracterizó por tener materia orgánica (Restos de comida 36.31% y residuos de patio 41.46%) como el componente predominante esto se debe a los hábitos de consumo de la población y la dieta que tienen que son a base de frutas y verduras. El valor de los residuos de patio es muy alto ya que el principal componente de este es la tierra, que principalmente es recogida cuando se hacen limpiezas de los patios. Se encuentra muy marcada la categoría de los cartones y los papeles se deberán de poner especial énfasis en que estos componentes son fáciles de reincorporar a la industria como material reutilizable. El componente metal estaba compuesto

en su mayoría de enlatados alimenticios y tapas de botellas. Se encontraron pocas latas de aluminio, esto se asocia a la intercepción de las latas en algunas viviendas para la venta a centros de acopio. Otros componentes que se encontraron en bajos porcentajes fueron la madera, hule, tela, vidrios. Los vidrios se encontraron principalmente en envases de bebidas, al igual que la mayoría de los plásticos que se encontraban en botellas, bolsas de todo tipo, y empaques.

Tabla No.24. composición física de los residuos

Tipo	Promedio (%)
Restos de comida	36.31
Residuos de patio	41.46
Papel	3.00
Cartón	3.31
Telas	1.08
Madera	0.91
Cuero	0.45
Plástico	6.72
Vidrios	0.63
Metal	0.59
Hule	0.94
Otros	4.60
Total	100

Figura No.14. Clasificación física de los residuos



5.2.2.3. Densidad

La densidad analizada durante el muestreo corresponde a una densidad suelta. La densidad promedio de los residuos sólidos urbanos para la ciudad de San Rafael del sur fue de 236.43 Kg/m³.

Tabla No.25. densidad de residuos sólidos

Día	Volumen de Muestra en m ³	Peso de muestra en Kg	Densidad en Kg/m ³ .
Martes	0,02	4,70	235,00
Miércoles	0,02	4,80	240,00
Jueves	0,02	4,60	230,00
Viernes	0,02	4,40	220,00
Sábado	0,02	4,80	240,00
Domingo	0,02	5,60	280,00
Lunes	0,02	4,20	210,00
Promedio	0,02	4,73	236,43

El día que se presentó una mayor densidad de los residuos fue el día domingo con una densidad de 280 Kg/m^3 , al igual que fue el día de mayor producción de residuos, esto se debe a que el día domingo llovió un poco por la mañana, mojando parte de los residuos recolectados ese día. El día de menor densidad fue el día lunes presentándose 210 Kg/m^3 .

Fotografía No.2. pesaje para obtención de densidades de RS



Se presenta en la Tabla 26, una tendencia de la densidad de algunas municipalidades en país.

Tabla No.26. tendencia de densidades de residuos sólidos en Nicaragua

Municipio	Densidad (Kg/m3)
Estelí	268
Distrito 1, Managua	331
Ocotal	335.5
Santo Tomás	108
Puerto Cabezas	278
Tipitapa	444.60
Santa Teresa	196.67
Yalaguina	226.06
Jalapa	272

Municipio	Densidad (Kg/m ³)
San Rafael del Sur (Presente Estudio)	236.43

Fuente: 1: Flores, et al. (2002), 2: Dávila (1999), 3: García & Hooker (2017), 4: Díaz (2007), 5: Jiménez & Sánchez (2017), 6: Palma & Sánchez (2017) ,7: Velázquez (1999).

El valor obtenido en San Rafael del Sur se encuentra dentro del rango para América Latina, según (Acurio, 1997) es de 125 Kg/m³ a 250 Kg/m³.

Algo importante a destacar de los resultados que se muestran en la tabla No. 26, es que, junto a los valores de densidad de los residuos en una determinada localidad, hay que analizar los hábitos de consumo y características socio-culturales de la población y sus condiciones climáticas. Así la ciudad de Managua capital del país a pesar de tener un clima muy cálido y seco bastante parecido al de San Rafael del Sur, por tanto, se obtienen valores de densidad elevados, debido a una mayor tendencia en el consumo de productos con empaque, influenciados por lo difícil que resulta vivir, estudiar, trabajar y movilizarse en una ciudad grande, como lo es la capital del país. En municipios como Jalapa y Puerto Cabezas que aparecen en la tabla, en los que se evidencia valores superiores a los de San Rafael del sur. Entra en juego el factor clima (predominantemente húmedo) a excepción de Jalapa, como principal elemento, más las características de la población. Los tres, tienen una marcada tendencia rural-urbana, con una mayor generación de materia orgánica que guarda mucho más peso que el resto de residuos, lo que hace que sus valores de densidad sean superiores. Estas mismas condiciones afectan los valores de producción per-cápita.

5.2.3. Evaluación del manejo actual de residuos sólidos

El manejo de los residuos sólidos municipales está a cargo de la Dirección de Servicios Municipales, de la Alcaldía de San Rafael del sur. Esta se encuentra dirigida por el Sr. Hugo Castro. Cuenta además con un personal de 22 personas involucradas directamente con el servicio de recolección de residuos, entre ellos tres conductores, nueve ayudantes, diez encargados del barrido de calles.

5.2.3.1. Generación de residuos y almacenamiento

En la ciudad de San Rafael del Sur, las fuentes generadoras de residuos son, principalmente, las viviendas del municipio, el mercado municipal, parques, calles, y en menor medida, el centro de salud, las iglesias, tiendas, instituciones públicas y privadas. Todas estas fuentes son atendidas por el servicio de recolección de residuos sólidos de la Alcaldía. Conocer las formas de almacenamiento internas de los residuos, es un aspecto muy importante para la planeación del sistema de recolección a utilizar, tipo de unidades recolectoras, personal de limpieza. Además, es importante conocer los tipos de recipientes que son mayormente utilizados por la población de San Rafael del Sur.

Según los resultados aplicados a la encuesta, el tipo de recipiente más utilizado por la población es el saco de Nylon que es utilizado por el 35% de los encuestados. Luego siguen barril de plástico de 0.2 m³ con un 22%, barril plástico de variada capacidad con 21%, cajas de cartón con 16%, entre otros.

5.2.3.2. Separación

Así como en casi todas las ciudades de Nicaragua, donde no se realiza la separación de los residuos conforme su clasificación, San Rafael del sur no es la excepción, ya sea por falta de cultura y educación, por falta de recursos o falta de iniciativa, este es un problema grande que se enfrenta como sociedad, culturizar a la población y adoptar una cultura de reciclaje agradable con el medio ambiente.

En esta ciudad la separación generalmente solo se realiza en el mercado municipal, ya que reutilizan los residuos orgánicos y alimentos generalmente utilizada para alimentación de cerdos. También en el centro de salud municipal, donde se clasifican los residuos sólidos No peligrosos y peligrosos (Biológicos, infecciosos y corto punzantes).

Los residuos sólidos peligrosos corto punzantes, como agujas y jeringas, se depositan en cajas diseñadas para el almacenamiento de este tipo de residuos,

las cuales son distribuidas por el Ministerio de Salud. De igual forma, para los biológicos infecciosos, como guantes, algodones y gasas usadas, entre otros, se utilizan bolsas rojas señalizadas, las cuales se colocan en recipientes plásticos de color rojo.

En el vertedero municipal actual se mantienen un grupo de personas de muy escasos recursos ajenos a la Alcaldía municipal que se dedican a buscar residuos que puedan ser vendidos a centros de acopio, metales como hierro, cobre, aluminio o plásticos, además buscan objetos que ellos mismos puedan reutilizar.

5.2.3.3. Limpieza de calles

El barrido de calles se realiza de forma manual, como en la mayoría de ciudades de Nicaragua. La cobertura del barrido de calles abarca desde el área de la carretera principal, dividiéndose el trabajo por cuadrantes en los distintos barrios del casco urbano. Son 10 los operarios encargados del barrido de calles a los que se les asigna un sector específico. Realizan 12 km de barrido diario, asignando 1.2 km por operario. Tanto el parque central como el mercado municipal cuentan con un operario permanente. Las principales herramientas que utilizan los operarios son carretones, palas, escobas y guantes de protección.

Fotografía No.3. Carretones utilizados para barrido de calles



El Supervisor de Servicios Municipales es el encargado de la supervisión del barrido de calles. No hay una frecuencia definida para las supervisiones, pero

por lo general, estas se realizan por la mañana. Así mismo, el Director de Servicios Municipales realiza supervisiones cuando cuenta con el tiempo suficiente para esta actividad. Uno de los principales problemas que se presenta con respecto al barrido de calles, es la utilización del personal para la realización de otras actividades no correspondientes a su puesto.

El Director de Servicios Municipales indica que algunas veces, algunos de los operarios son orientados a realizar otras actividades que no corresponden, tales como guarda de seguridad, o limpieza de otras zonas, obligando al operario a desatender el sector que le está asignado, por el cumplimiento de estas actividades. Esto provoca que dicho sector se le asigne a otro operario, sobrecargando al operario y disminuyendo la eficiencia de su trabajo.

5.2.3.4. Recolección y transporte

La recolección de los residuos sólidos empieza a las 7:00 AM, y termina hasta que se realiza toda la ruta de recolección, por lo general a las 3:00 PM. El mecanismo que utilizan para alertar a la población de que el vehículo de recolección se aproxima es por medio de la bocina de los camiones.

Durante el período del estudio se verificó que no se cumple con el horario y los días establecidos para la recolección, y en algunos casos omiten ciertas rutas, esto debido a problemas como:

- Uso del camión para otras actividades: acarreo de materiales, alimentos donados, personal de trabajo de otras áreas, entre otros.
- Déficit en el presupuesto mensual asignado a la actividad, en parte debido a que no se está realizando una recuperación de capital, la Alcaldía está sufragando los costos en un 100%.
- Asignación de otras tareas a los operarios encargados de la recolección, diferentes a las del manejo de los residuos sólidos.
- Falta de supervisión

La Alcaldía de San Rafael del sur cuenta con 4 vehículos 2 camiones Freightliner, modelo FL70, año 1997, con capacidad de carga de 8 m³ y 2 camiones marca International, modelo 4300, con compactadora mecánica de basura de 18m³ de capacidad, estos dos últimos donados por Alemania en el año 2014 por medio del hermanamiento Berlin-Kreuzberg. Además, se cuenta con 8 carretas de recolección distribuidas 6 en algunas comunidades del municipio, y 2 en el casco urbano, 1 cercana al cementerio, 1 en el mercado municipal.

Fotografía No.4. Camiones de recolección de RS



Al inicio de cada jornada el conductor realiza chequeo rutinario y medición de combustible. Se le realiza mantenimiento mayor 2 veces al año, o cuando es necesario, lo que consiste en chequeo de baterías, llantas, cambio de aceite, revisión eléctrica y mecánica.

Debido al tipo de trabajo pesado que realizan estos camiones, se deterioran bastante rápido, lo que implica la necesidad de un mantenimiento constante, para garantizar su buen funcionamiento, ya que, en caso del no funcionamiento, la recolección no se realiza, por eso es necesario un buen mantenimiento, para

garantizar una recolección eficiente, sin falta, y para lograr el uso del camión por mucho tiempo más.

En cada unidad recolectora la cuadrilla consiste en un conductor y 3 operarios de recolección. Uno de los operarios va en el camión, mientras los otros 2 van uno a cada lado de la calle recolectando, pasan el recipiente al que va arriba y este coloca la basura en el camión y regresa el recipiente vacío a los operarios de abajo para luego ser entregados a la casa que corresponde.

Entre los principales problemas que se pudieron percibir con respecto a la recolección y transporte, durante la inspección realizada a bordo del camión, están los siguientes:

- Dada la frecuencia de recolección, durante el recorrido se recogen residuos sólidos acumulados de varios días, lo que influye grandemente en la capacidad y en el tiempo de recolección.
- En muchas de las viviendas se recolectan una cantidad considerable de residuos acumulados de jardinería (tallos, ramas, hojas), lo que también influye en el tiempo y la capacidad de recolección.
- Algunas veces los camiones no suenan la bocina y pasan a una velocidad un poco alta, y a muchas personas no les daba tiempo de sacar su basura.
- Hay zonas considerables donde a los camiones se les hace difícil el acceso.

Según la Dirección de Servicios Municipales, se le da cobertura a todos los barrios y zonas residenciales que componen el municipio, es decir, se cubre el 90%, que es una cifra muy alta en comparación con el porcentaje medio de cobertura del servicio de recolección de residuos sólidos en el país, que se estima en un 50%. Sin embargo, no hay registros que respalden este porcentaje, solamente se cuenta con una lista de los barrios que son atendidos en los días de la recolección.

5.2.3.5. Macroruteo y microruteo

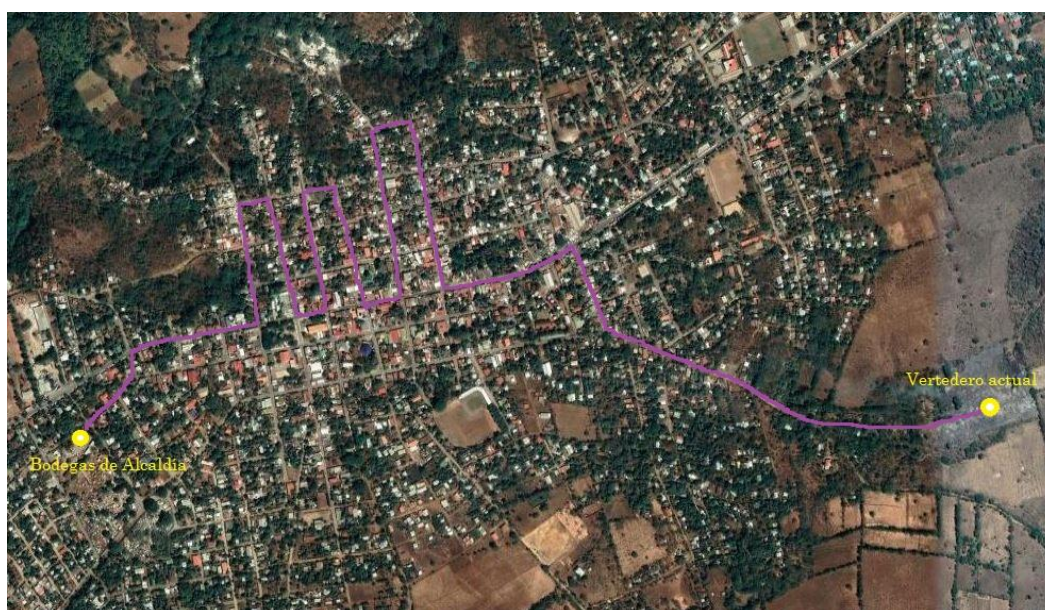
Para conocer la eficiencia del recorrido de recolección, se realizó una inspección a bordo del camión, con el objetivo de medir los tiempos de Macroruteo y microruteo, así como conocer la distancia recorrida. La medición se realizó en una unidad recolectora FL70, el día 1 de diciembre de 2020, ver tabla 27

Tabla No. 27 Medición de macro y microruteo

Valores de medición de macro y microruteo	
Rutas de recolección	1
Barrios atendidos	La Bolsa, Las Piedrecitas
Distancia recorrida (Km)	4.95
Tiempo efectivo de recolección (microruteo) (h)	2.60
Tiempo no empleado en la recolección (Macroruteo) (h)	0.80
Macroruteo y microruteo	3.40
Viajes efectuados al vertedero	1

Fuente: Elaboración propia

Figura No.15. Ruta de estudio de macro y microruteo Barrios La Bolsa y Las Piedrecita Norte-Sur



Fuente: Elaboración propia

Al obtener la relación entre el tiempo efectivo de recolección, y el tiempo total de recolección, el índice de eficiencia resulto en 0.77. Ciertamente, este es un valor de eficiencia alto, comparado con otros municipios, que indica que los operarios hacen un trabajo efectivo, pero esta eficiencia se ve afectada, principalmente por el tiempo efectivo de recolección, ya que el tiempo empleado en la recolección de los residuos no es proporcional con la distancia recorrida, es decir, se invierte demasiado tiempo en una distancia corta, lo que se debe a la gran cantidad de residuos sólidos que los operarios tiene que cargar al camión, por lo que el camión debe realizar paradas que requieren de mayor tiempo, para que los operarios carguen y acomoden los residuos en el camión. Estos datos de eficiencia son variables, cada ruta tiene y sector tiene sus propias características, así como cada cuadrilla tiene su propio nivel de efectividad. En este caso solo se tomaron en cuenta los tiempos de traslado y recolección, pero si se toman en cuenta otros factores, la efectividad sería menor.

La población también juega un rol determinante en el caso de la efectividad, ya que los tiempos mejoran o disminuyen en dependencia del volumen de residuos y los tipos de recipientes.

A pesar de que los conductores no son supervisados todo el tiempo durante el recorrido, llevan bitácoras donde apuntan a diario la fecha, el kilometraje, los barrios cubiertos de cada ruta y las horas de salida y entrada.

La determinación de las rutas y equipos de recolección se basa en las siguientes consideraciones:

1. Se debe cubrir el 100% de la producción, mediante el aprovechamiento óptimo de los equipos recolectores y con el más bajo costo unitario de recolección y transporte.
2. Seleccionar el equipo adecuado según las condiciones de explotación local y su disposición en el mercado.
3. Velocidad de recolección no menor de 2 km/hora.
4. Jornada laboral no mayor de 6 horas por día con un tiempo productivo de al menos 5 horas.
5. Frecuencia mínima de recolección de 2 veces por semana.

5.2.3.6. Disposición final

Los Residuos sólidos peligrosos y no peligrosos de la ciudad de San Rafael del sur son depositados en un vertedero a cielo abierto en un terreno de 2 manzanas ubicado a 700 m del casco urbano, en una zona periurbana cercana a la carretera hacia chorotega.

Con respecto a los residuos biológicos infecciosos y peligrosos generados por el centro de salud municipal, se cuenta con un incinerador, el cual elimina estos tipos de residuos. Se usa por lo menos una vez por semana.

Este vertedero a cielo abierto no cuenta con ningún tipo de control, además los residuos no son sometidos a ningún tipo de tratamiento. La contaminación ambiental que genera este vertedero es muy alta, creando condiciones insalubres, habiendo proliferación de ratas, moscas, y aves de rapiñas debido a animales muertos que son llegados, entre otros vectores que son portadores de enfermedades. Además, el sitio no cuenta con ningún tipo de perímetro ni retención, así que muchas personas de muy escasos recursos ingresan a buscar objetos reutilizables y alimentos, siendo este un ambiente muy insalubre para esas personas necesitadas. Los principales residuos recolectados por estas personas son metales que son vendidos en centros de acopios locales, los plásticos, principalmente envases de bebidas, y otros objetos que puedan reutilizar ellos, ya sea ropa en buen estado, juguetes, adornos, inclusive algunos alimentos.

El camino de acceso al vertedero se encuentra en un estado regular en verano, pero en invierno el acceso es muy complicado, son 700 m de camino de tierra arcillosa que pierde su estabilidad con la lluvia.

Fotografía No.5. Condiciones del vertedero actual



Contiguo al vertedero municipal se cuenta con vivero de plantas, este pertenece a la Alcaldía y se dedica a plantar semillas para luego reforestar los bosques cercanos, este vivero cuenta con un cuidador, que de paso se encarga de vigilar cualquier anomalía en el vertedero, pero no hay un control real sobre lo que se bota, ni donde se bota.

Fotografía No.6. Animales que ingresan al vertedero



5.2.3.7. Higiene y seguridad laboral

La Dirección de Servicios Municipales les entrega a los operarios su equipo de protección (uniforme, botas, cascos, guantes de cuero, mascarillas, entre otros) sin embargo, se pudo comprobar que muchos de estos trabajadores no portan el equipo de protección. Los operarios del barrido de calles solamente visten el uniforme, botas y guantes. Sin embargo, los operarios de la recolección de residuos mencionaron que la Alcaldía solamente les entrega los guantes de cuero que utilizan.

Durante la recolección, los operarios encargados de recoger los recipientes, levantan barriles, una gran cantidad de residuos de jardinería y sacos pesados hasta la parte trasera del camión. Esta acción representa un riesgo para la salud de estas personas ya que se exponen a sufrir de hernia, además de lesiones en la columna al hacer esfuerzos de levante. Así mismo, los operarios encargados de acomodar los residuos, no usan mascarillas ni zapatos adecuados, exponiéndose al contacto directo con los residuos, exponiéndose a cortes, infecciones o enfermedades.

Según (CEPIS/OPS/OMS, 2004), el no usar el equipo de seguridad mínimo por parte de los operarios puede causarle efectos adversos a la salud como:

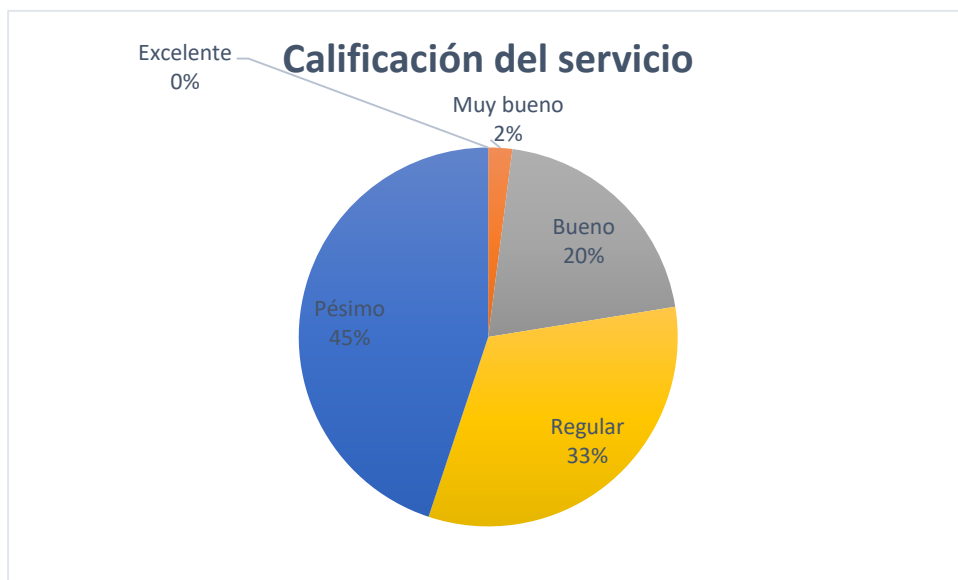
- Al no usar la mascarilla, se inhalan olores, gases y partículas que pueden causar malestar y enfermedades.
- El no uso de guantes, se pueden pinchar o cortar las manos con objetos punzo cortantes (riesgo de tétano, heridas infecciosas, etc.).
- No se usan botas indicadas para el trabajo y se exponen a pinchazos o cortaduras en los pies con objetos punzo cortantes (riesgo de tétano, heridas infecciosas, etc.).
- Al trabajar sin uniforme de trabajo, da lugar a que se contaminen brazos, piernas y eventualmente la ropa de uso cotidiano y la de su familia.

- No se protegen el cabello y cabeza y se contaminan el cuero cabelludo; el sol tiende a irritar al trabajador y al rascarse la cabeza se corre el riesgo de dañar o infectar el cuero cabelludo o cuello.

5.2.3.8. Opinión de la población sobre la gestión de Servicios Municipales

En la encuesta realizada a la población de San Rafael del Sur, se les preguntó su opinión sobre como calificaban ellos la gestión que hace servicios municipales con los residuos sólidos, la mayoría de la población lo califico entre pésimo y regular, 45% y 33% respectivamente.

Figura No.16. Opinión de los encuestados sobre el manejo de los residuos sólidos por parte de la Alcaldía.



Esta inconformidad de la población se debe a muchos factores, entre ellos que algunos sectores no reciben el servicio y sobre todo la frecuencia de recolección de los camiones. Gran parte de la población es desatendida generando botaderos ilegales, generando inconformidad entre los vecinos debido a los malos olores, mal aspecto de las zonas, vectores que transmiten enfermedades.

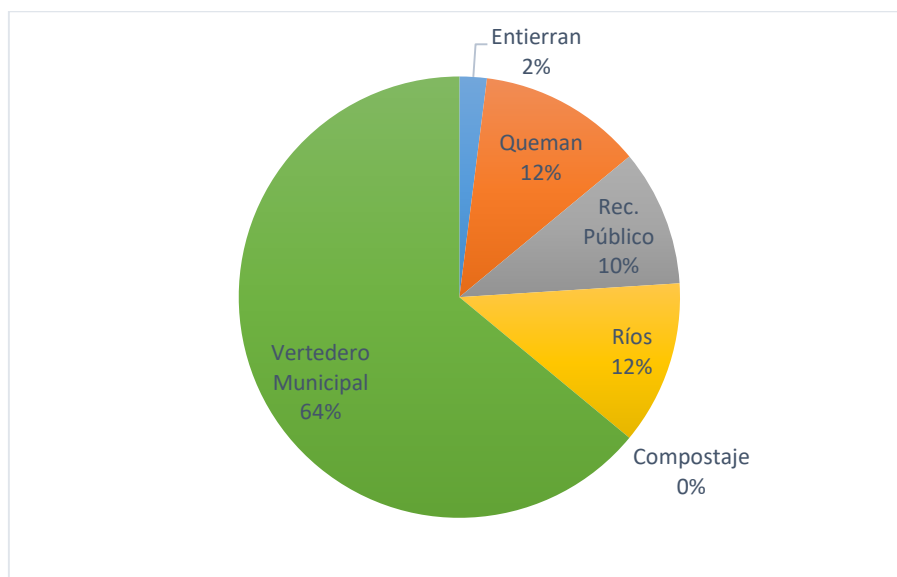
Fotografía No.7. Vertedero ilegal en zona periurbana



Con respecto a la disposición gran parte de la población no está siendo atendida, debido a esto tratan sus residuos de una manera tradicional; ya sea enterrándola y/o quemándola o disponiéndola en botaderos ilegales, esto también debido a desconocimiento de la importancia de la correcta disposición de los residuos, además desinformación y falta de conciencia.

El 64% de los encuestados indica que sus residuos son recolectados por la Alcaldía, siendo un porcentaje bajo con respecto a lo indicado como cobertura por el director de servicios municipales. Por otro lado, la gran mayoría de los encuestados indican que anteriormente se les cobraba una cantidad de C\$ 30 mensuales como tarifa por la recolección de los residuos, pero que actualmente no pagan por el servicio, ya que no pasan cobrando, pero estarían dispuestos a pagar esa cantidad o incluso un poco más si se mejora la frecuencia de recolección y calidad de servicio.

Figura No.17. Destino de los residuos en sitios encuestados.



5.3. Paso N° 3: Establecimiento de los objetivos y alcances del PIGARS

El presente Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos sólidos (PIGARS-2021- 2036) para la ciudad de San Rafael del sur, fue diseñado con el objetivo de implementar un manejo integral de los residuos sólidos procedentes de todos los barrios de la ciudad. El PIGARS San Rafael del Sur pretende hacer frente a la problemática ambiental relacionada con el mal manejo de los residuos sólidos, que actualmente atraviesa el municipio, de tal forma que contribuya al mejoramiento de las condiciones higiénicas y sanitarias de la ciudad, trayendo beneficios tanto para la municipalidad, la salud de la población y el medio ambiente en general.

Para la ejecución e implementación del PIGARS es de vital importancia la participación y colaboración de todos los sectores involucrados, tales como la Alcaldía, la población, las instituciones y el sector privado. La estructura del PIGARS cumple con una planificación lógica e incluye objetivos, alcances, lineamientos estratégicos, plan de acción y estrategia de implementación y seguimiento. El principal resultado que muestra el Plan Integral de Gestión Ambiental de Resisados sólidos es el Plan de Acción, el cual está estructurado por un conjunto de programas dirigidos a la mejora de las debilidades

identificadas a través del diagnóstico. Dichos programas son la expresión textual de los Lineamientos Estratégicos definidos, de los cuales se derivan el conjunto de actividades que integran el plan de acción.

a. Objetivos

Objetivo General

- Proponer acciones orientadas al fortalecimiento de la gestión de los residuos sólidos municipales que contribuya al mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias y de la calidad ambiental en la ciudad de San Rafael del Sur.

Objetivos Específicos

- Fortalecer la gestión técnica y administrativa de la Municipalidad relacionada al manejo de los residuos sólidos municipales.
- Desarrollar e implementar instrumentos legales para el fortalecimiento del marco legal municipal relacionado a la gestión.
- Aplicar estrategias dirigidas al fortalecimiento económico de la Municipalidad en relación con el manejo de los residuos sólidos municipales.
- Formular actividades dirigidas al fortalecimiento de las capacidades técnico operativas del personal, vinculado a la prestación del servicio de manejo de los residuos sólidos municipales
- Fomentar una conciencia ambiental en la población en los diferentes estratos sociales, económicos y políticos promoviendo así su participación en el manejo de los residuos sólidos.

b. Alcances

Para conseguir los objetivos propuestos planteados en el PIGARS-San Rafael del sur, se ha diseñado un horizonte de planeación de 15 años. El área

geográfica comprendida por el PIGARS incluye los barrios del casco urbano del municipio.

5.5. Paso N.º 4. Definición de lineamientos estratégicos.

Los lineamientos estratégicos seleccionados en la elaboración del Plan de Acción del PIGARS- San Rafael del sur, están orientados a asegurar la implementación efectiva y el logro de los objetivos planteados, considerando los resultados del diagnóstico situacional y el marco jurídico nacional y local vigente. Por lo que a continuación se presentan los fortalecimientos que se podrán alcanzar:

- Fortalecimiento de la Gestión Institucional

El manejo integrado de los residuos sólidos requiere de la participación conjunta de la Alcaldía y sus direcciones (Servicios Municipales, Recursos Humanos, Medio Ambiente, Finanzas, Catastro, Proyectos, entre otros), entidades gubernamentales y no gubernamentales, sector privado y población en general, que, al conjugar esfuerzos, incidirán positivamente en las diferentes etapas de la gestión de los residuos, optimizando y potenciando recursos tanto económicos como humanos.

- Fortalecimiento del Marco Legal

El marco legal local deberá actualizarse tomando en cuenta las necesidades y capacidades de la municipalidad para una integral gestión y manejo de los residuos sólidos, diferenciando todos los sectores sociales vinculados directa o indirectamente tanto en la generación como en la gestión de los residuos y enmarcándose en la legislación nacional.

- Fortalecimiento Económico

Es de gran importancia para la Municipalidad contar con un Plan de Gestión Integral de los Residuos Sólidos práctico y sustentable; para lograrlo deberá de

mejorar los métodos de cobro (por servicios de recolección de residuos y barrido de calles) y actualizar las tarifas establecidas y la base de datos de los usuarios del servicio. Asimismo, puede aprovechar (valorizar) los residuos recuperados en el vertedero, con el fin de obtener beneficios económicos de los residuos generados en el municipio.

- Capacitación y Asistencia Técnica

Para un manejo integral de los residuos sólidos se requiere desarrollar asistencia técnica y capacitaciones continuas, enfocadas al personal involucrado con la prestación del servicio, partiendo desde la seguridad laboral. De esta forma se garantizará la salud e higiene laboral y la eficiencia del Plan de Manejo.

- Educación Ambiental y Participación Ciudadana

Una solución a los problemas causados por la generación y el manejo inadecuado de los residuos sólidos (relacionados directamente con los hábitos de consumo y la poca educación ambiental e higiénico-sanitaria de la población), estará en la educación y participación conjunta, activa y organizada de la ciudadanía y las autoridades competentes en la temática.

5.5.1. Periodo de planificación

Las acciones del Plan de Gestión para San Rafael del Sur se pueden clasificar según el período de planificación, en acciones de:

- Corto plazo: De 0 a 2 años (2021 – 2023).
- Mediano plazo: De 3 a 6 años (2024 – 2028).
- Largo plazo: De 7 a 15 años (2029 – 2036).

Las acciones de corto plazo corresponden a las actividades de puesta en marcha del Plan, las cuales son de vital importancia al ser el punto de partida y base para las acciones de mediano y largo plazo.

5.6. **Paso N.º 5: Formulación del plan de acción del PIGARS**

En las tablas a continuación se presentan las acciones correspondientes a cada uno de los lineamientos estratégicos planteados. Para cada lineamiento se establecieron objetivos y metas específicos.



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el Casco Urbano del municipio de San Rafael del Sur

Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión

Objetivo: Fortalecer la gestión gerencial y administrativa de la Municipalidad relacionada con el manejo de los residuos sólidos municipales

Metas:

- Crear un procedimiento formal de registro y control de toda la documentación relacionada al manejo de los residuos sólidos municipales.
- Mejorar los mecanismos de comunicación y cooperación interna, relacionados con la gestión de residuos sólidos.
- Crear políticas de incentivos a los operarios para garantizar mayor eficiencia en el servicio,

N°	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
1	Realización de un estudio técnico-operativo para la definición de nuevas rutas para el servicio de recolección de residuos sólidos.	Documentos del Estudio	Concejo Municipal, Dirección de servicios Municipales	Director de Servicios Municipales, alcalde	I semestre 2022

2	Desarrollo de Instrumentos de Seguimiento y control (Registros).	Documentos de Registro	Dirección de Servicios Municipales	Personal de Servicios Municipales	I semestre 2022
3	Creación y aplicación de indicadores para el seguimiento y control del sistema de gestión y manejo de residuos sólidos.	Numero de Indicadores Creados	Dirección de Servicios Municipales, Dirección de Recursos Humanos, Dirección de Medio Ambiente	Personal de Servicios Municipales	2021-2028
4	Revisión, actualización periódica y aplicación de los instrumentos gerenciales y administrativos para la gestión de los residuos sólidos (Manual de Organización y Funciones, Manual de Puestos).	Revisiones Semestrales de los Instrumentos			2021-2028
5	Actualización del catastro de usuarios del servicio de recolección y limpieza.	Documentos de Registro Actualizados	Dirección de Servicios Municipales, Finanzas y Recaudación	Personal de Finanzas, de Servicios Municipales, de Recaudación	II semestre 2021

6	Elaboración de planes sectoriales de manejo.	Documentos de Planes Sectoriales Elaborados	Dirección de Servicios Municipales, Departamento de Medio Ambiente	Personal de Servicios Municipales y Medio Ambiente, Sector Privado	I semestre 2022
7	Adquisición de nuevos equipos recolectores.	Compra de un Tractor o Camión, mínimo, cada cinco años	Alcalde	Alcalde, Directores de Finanzas y Servicios Municipales	2022-2036
8	Colocación de recipientes plásticos de residuales en las principales calles y avenidas del municipio.	Numero de Basureros Colocados	Dirección de Servicios Municipales	Alcalde, director y Personal de Servicios	II semestre 2022
9	Creación de un registro para la incorporación de los trabajadores no formales en el vertedero municipal	Documentos de Registro de trabajadores no formales	Dirección de Servicios Municipales	Alcalde, Director de Servicios Municipales	II semestre 2022
10	Establecimiento de una normativa obligatoria para los operarios del servicio de recolección y limpieza, dentro del reglamento interno, para la	2 chequeos médicos al año	Concejo Municipal	Dirección de Recursos Humanos, MINSA, Personal de	2021-2028

	realización de chequeos médicos obligatorios y periódicos.			Servicios Municipales	
2011	Desarrollo de un Plan de Estímulos Económicos, con base en el rendimiento, para el personal de limpieza y recolección.	2 incentivos al año	Concejo Municipal, Dirección de Servicios Municipales	Director de Servicios Municipales, Supervisor de Servicios Municipales	2021-2028
12	Adquisición de carpa para cubrir los residuos sobre los camiones recolectores	1 carpa	Concejo Municipal	Director de Servicios Municipales	2021-2028
13	Mejoramiento y mantenimiento permanente del camino de acceso al vertedero	Al menos una vez al año	Concejo Municipal	Alcalde, Director de Servicios Municipales	2021-2028
14	Elaboración de un Estudio de Pre factibilidad técnica, económica y ambiental para la construcción de un Relleno Sanitario	Documentos del estudio de diseño			II semestre 2021
15	Establecimiento de acuerdos intermunicipales con alguna de las	Documento del acuerdo		Alcaldes y Directores de	II semestre 2021

	alcaldías cercanas para la disposición final de los residuos sólidos generados en el municipio, a como se establece en el Plan de Acción de la Política Nacional de los Residuos Sólidos (En caso de no contar con el espacio adecuado para la construcción de un relleno Sanitario)			Servicios Municipales de la Alcaldía de Yalaguina y de la Alcaldía con la que se haga el acuerdo	
16	Elaboración del plan de cierre y clausura del botadero actual, con la implementación de prácticas que apunten al aprovechamiento de subproductos, para reducir el impacto ambiental y social.	Documento del Plan de cierre del botadero	Concejo Municipal	Alcalde, Director de Servicios Municipales	2022
17	Realización de Auditorías Internas	1 auditoria anual	Consejo Municipal	Alcalde, Director de Servicios Municipales	2022-2030
18	Desarrollo de una estrategia de marketing o publicidad de carácter continua y permanente, sobre los	Mínimo 3 tipos de propagandas publicitarias,	Dirección de Servicios Municipales,	Población, Personal de la Alcaldía	2022-2030

	cambios que se vayan a incorporar al servicio, para el conocimiento de la población.	diseñadas e implementadas cada año	Oficina de Participación Ciudadana		
19	Desarrollo de un sistema de comunicación con la población para la recepción y atención de quejas.	Número de quejas mensuales	Dirección de Servicios Municipales y de Medio Ambiente	Población, Personal de Servicios Municipales y de Medio Ambiente	I semestre 2022
20	Rotulación de puertas de la unidad de recolección, con número telefónico de la alcaldía, para mejorar la comunicación con la población,	Número de llamadas mensuales	Dirección de Servicios Municipales	Población, Personal de Servicios Municipales	I semestre 2022



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el Casco Urbano del municipio de San Rafael del Sur

Lineamiento: Fortalecimiento del Marco Legal

Objetivo: Formular Instrumentos legales para su implementación, y fortalecimiento del marco legal municipal vinculado a la gestión de residuos sólidos municipales.

Metas:

- Desarrollar un procedimiento formal para la identificación y actualización permanente de la información respecto a las disposiciones legales relacionadas al manejo de residuos sólidos municipales.

N°	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
1	Creación de una ordenanza especial que regule, en el ámbito municipal, las diferentes fases del manejo integral de los residuos sólidos municipales.	Ordenanza Creada y Aprobada	Concejo Municipal	Concejo Municipal, Dirección de Servicios Municipales, Unidad de Asesoría Legal	2022

2	Creación, revisión, actualización, modernización y aplicación de las ordenanzas municipales que regulen la gestión integral de los residuos sólidos municipales.	Numero de Ordenanzas Creadas, Existentes y Revisadas	Concejo Municipal	Alcalde, Unidad de Asesoría Legal, Direcciones de Medio Ambiente y Servicios Municipales	2022-2030
3	Asesoría externa, y actualización en la temática de legislación aplicable.	Numero de Capacitaciones Impartidas al año		Alcalde, Unidad de Asesoría Legal, Direcciones de Medio Ambiente y Servicios Municipales, MARENA	II semestre 2021
4	Elaboración de nuevos instrumentos legales relacionados con el manejo de residuos sólidos, que a su vez se consideren incentivos para la población, trabajadores y empresas.	Numero de Instrumentos legales aprobados		I semestre 2022	
5	Divulgación en el municipio, sobre la aprobación de las nuevas ordenanzas.	Charla al Personal de la Alcaldía, Presentación a		Unidad de Asesoría Legal, Direcciones de Servicios	2022-2030

		la Población en General	Municipales y Medio Ambiente	
6	Desarrollo y aplicación de instrumentos para multas y sanciones.	Número de Multas al mes		I semestre 2022



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el Casco Urbano del municipio de San Rafael del Sur

Lineamiento: Fortalecimiento Económico

Objetivo: Aplicar Estrategias dirigidas al fortalecimiento económico de la Municipalidad, en relación al manejo de los residuos sólidos.

Metas:

- Reducir el Subsidio por la prestación del servicio de recolección y limpieza.
- Obtener un margen de ganancia por la recolección de residuos sólidos municipales

N°	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
1	Presentación del Plan de Acción a la mesa de cooperantes con ONG e instituciones presentes en el municipio.	Numero de Organismos de cooperación apoyando el Plan de Acción	Concejo Municipal	Alcalde, Directores de Servicios Municipales y de Medio Ambiente, Instituciones, Sector Privado	II semestre 2021

2	Realización de un estudio técnico-socioeconómico para la reestructuración de las tarifas de servicio de recolección de residuos sólidos.	Documento de Estudio	Concejo Municipal	Alcalde, Director de Servicios Municipales, Departamento de Recaudación	II semestre 2021
3	Incorporación de la tarifa del servicio de recolección y barrido de calles al pago de impuestos de bienes e inmuebles siendo un requisito para extender la Solvencia Municipal al ciudadano.	Subsidio reducido en un 75%	Concejo Municipal, Dirección de Finanzas	Alcalde, Director de Servicios Municipales, Personal de Recaudación.	II semestre 2021
4	Establecimiento de colectores específicos para el cobro por los servicios de recolección y limpieza.		Concejo Municipal		I semestre 2022
5	Incorporación del cobro por limpieza luego de eventos públicos.				2022-2028
6	Institucionalización y promoción de campañas de Sensibilización tributaria y de fomento del pago, en el marco de las políticas de gestión financiera de la municipalidad.	Numero de Propagandas Publicitarias	Dirección de Servicios Municipales	Personal de Servicios Municipales	2022-2028

7	Establecimiento de un acuerdo con los trabajadores no formales (Segregadores) para la valorización de materiales recuperados en el vertedero municipal.	Documento del Acuerdo	Consejo Municipal, Direcciones de Servicios Municipales y de Medio Ambiente	Alcalde, Director de Servicios Municipales, MARENA; Personal de Medio Ambiente, Sector Privado	I semestre 2022
8	Elaboración de un Plan de Reciclaje Mixto (Municipalidad y empresa privada) que incluya clasificación del material reciclable y separación en la fuente de los desechos biodegradables de los no biodegradables.	Documento del Plan			2022
9	Definición de un área para el almacenamiento temporal y exclusivo de residuos recuperados en el vertedero.	Área Definida	Consejo Municipal, Direcciones de Servicios Municipales y de Medio Ambiente	Alcalde, Director de Servicios Municipales, MARENA; Personal de Medio Ambiente, Sector Privado	2022



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el Casco Urbano del municipio de San Rafael del Sur

Lineamiento: Capacitación y Asistencia Técnica

Objetivo: Formular Actividades dirigidas al fortalecimiento de las capacidades técnico-operativas del personal vinculado a la prestación del servicio de manejo de los residuos sólidos municipales.

Metas:

- Identificar las necesidades de capacitación, para el establecimiento y cumplimiento de programas, enfocados en la mejora continua y en el reconocimiento de nuevas necesidades.
- Asegurar que todo el personal este consciente de la importancia de la ejecución de las actividades orientadas, para dar cumplimiento a las políticas y realizar las acciones previstas en el plan de manejo.
- Aplicar medidas de seguridad, salud, ergonomía e higiene laboral dirigidas a las personas involucradas en el manejo de los residuos sólidos.

N°	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
1	Capacitación del personal de Servicios Municipales en temas de seguridad, salud, higiene y ergonomía laboral.	Al menos 1 capacitación	Concejo Municipal, Dirección de	Responsable de Capacitación,	I semestre 2022

		cada 6 meses	Servicios Municipales	personal de Servicios	
2	Capacitación de personal en el uso de software especializados (AutoCAD y ArcGIS)	Certificado de curso aprobado	Concejo Municipal	Directores de Servicios Municipales y	I semestre 2022
3	Compra y entrega del equipo necesario para garantizar la seguridad de los operarios durante las jornadas de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos municipales.	Recibos de entrega de equipos	Concejo Municipal, Dirección de Servicios Municipales	Personal de Servicios Municipales	I semestre 2022
4	Realización de capacitaciones técnicas y operativas relacionadas al manejo de los residuos sólidos al personal de Servicios Municipales y a los trabajadores no formales.	Al menos 1 capacitación impartida cada 6 meses	Dirección de Servicios Municipales	Personal de Servicios Municipales	2022-2028
5	Incorporación de elementos para evaluar al personal capacitado en los programas de capacitación.	1 evaluación cada 3 meses	Dirección de Servicios Municipales	Personal de Servicios Municipales	2022-2028



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el Casco Urbano del municipio de San Rafael del Sur

Lineamiento: Educación Ambiental y Participación Ciudadana

Objetivo: Fomentar una conciencia ambiental en la población de los diferentes estratos sociales, económicos y políticos promoviendo en su participación en el manejo de los residuos sólidos.

Metas:

- Desarrollar un Procedimiento formal para la divulgación y comunicación a la población, de la información relacionada al manejo de los residuos sólidos municipales.
- Fomentar la separación en la fuente, el re-uso y el reciclado de los diversos tipos de residuos sólidos municipales.
- Incorporar a la población en la solución de los problemas asociados al mal manejo de los residuos sólidos municipales.

N°	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
1	Realización de capacitaciones dirigidas a la población, líderes comunales y religiosos, maestros, asociaciones y sector privado en temas de: Manejo de Residuos Sólidos, Salud e Higiene Medio Ambiental, Clasificación en la fuente de los	Numero de Capacitaciones al año	Dirección de Servicios Municipales, Departamento	MINSA, personal de servicios municipales, medio	2022-2030

	residuos comunes, patológicos y especiales, normas aplicables.		de Medio Ambiente	ambiente y oficina de participación ciudadana, MARENA, Dirigentes sociales, MINED	
2	Comunicación trimestral a la población de la información relacionada al manejo de los residuos sólidos municipales.	Documento de Informe cada 3 meses	Dirección de Servicios Municipales	Personal de Servicios Municipales	2022-2030
3	Creación de comisiones voluntarias de trabajo y divulgación (Priorizando a la juventud)	Comisiones Formadas	Direcciones de Servicios Municipales y de Medio Ambiente	Actores Sociales, Oficina de Participación ciudadana, Personal de la Alcaldía	2022

4	Realización de Campañas de limpieza en conjunto con la población, el sector privado y la municipalidad.	Cantidad de Jornadas de limpieza (2 al Año)	Consejo Municipal	MINSA, Personal de Servicios Municipales y Medio Ambiente, Alcalde, MARENA, Policía Nacional	2022-2030
5	Apoyo a otros organismos en campañas de concientización ambiental.	Numero de Campañas		Alcalde, ONG	2022-2034

5.6. Estrategia de implementación del PIGARS

Para la puesta en marcha del PIGARS, es necesario el desarrollo de una serie de condiciones básicas para garantizar su adecuada ejecución y desempeño.

- Como primera medida se requiere la oficialización del PIGARS San Rafael del sur por parte del Concejo Municipal a través de una Ordenanza Municipal que regule su aplicación en el municipio, como instrumento de gestión ambiental.
- Incorporar el Plan de Acción en el Plan Anual de Inversión Municipal.
- Las acciones presentadas en el Plan de Acción, se deben de articular con las acciones ya existentes en el manejo actual de los residuos sólidos.
- Implementar las acciones a corto plazo, priorizando la reestructuración y aplicación de nuevas tarifas diferenciadas que permitan reducir el subsidio por la prestación del servicio. De esta manera se podrán desarrollar las actividades que requieran de recursos económicos, con los cuales actualmente la Alcaldía no cuenta.
- Fortalecer el cobro por la prestación del servicio en el ámbito municipal.
- Con el fin de disponer de los recursos económicos necesarios para garantizar la implementación del PIGARS, es indispensable contar con la transferencia completa de los ingresos monetarios recaudados por el servicio.
- La ejecución del PIGARS – San Rafael del sur deberá darse mediante la ejecución de Planes Operativos Anuales (POA), preparados por la Dirección de Medio Ambiente y la Dirección de Servicios Municipales, en coordinación con las demás direcciones y departamentos de la municipalidad involucrados.
- Programar reuniones y acciones en conjunto, de la Dirección de Medio Ambiente y la Dirección de Servicios municipales, para visualizar la gestión de los residuos no solo como un servicio sino como un aspecto ambiental.
- Programar periódicamente reuniones internas para abordar los avances y resultados de la implementación del Plan.

- Fortalecer las capacidades materiales y humanas de la Dirección de Medio Ambiente y la Dirección de Servicios Municipales.
- Para lograr una efectiva aplicación del instrumento se requiere formar vínculos de cooperación interinstitucional, específicamente en temas de residuos sólidos que contribuya al desarrollo de las actividades dentro del FIGARS.
- En coordinación con el Ministerio de Educación (MINED), desarrollar una propuesta de reformas educativas para todos los niveles del sector educativo en la ciudad de San Rafael del sur, incorporando temáticas sobre manejo de residuos sólidos (reducción, re-uso, buenas prácticas de almacenamiento, reciclaje, elaboración de abonos orgánicos), que garantice una conciencia ambiental en las futuras generaciones.
- Mejorar la infraestructura vial de la ciudad, especialmente en las calles más deterioradas por las que circula el camión recolector, para evitar retrasos en el microruteo.
- Actualizar y aplicar el Plan de desarrollo urbano y el catastro de usuarios del servicio de recolección de residuos.

5.7. Disposición final de residuos sólidos

5.7.1. Evaluación del sitio

En la tabla 16, se asignó un puntaje de acuerdo con el cumplimiento de éste con relación a las consideraciones sanitarias, urbanísticas y económicas antes referidas. Como criterio de asignación de puntaje de cumplimiento se especifica lo siguiente: Excelente (4), Muy Bueno (3), Bueno (2), Regular (1), Malo (0).

Parámetro	Valor Guía	Valor Real	Cumplimiento
Distancia del perímetro urbano	>1000m	1420m	4
Tiempo de traslado del centro urbano al sitio	<30min	10 min	4

Parámetro	Valor Guía	Valor Real	Cumplimiento
Ubicación respecto a la dirección del viento	Sotavento	Sí	4
Protección de los recursos naturales	Condiciones Ambientales	Sí	4
Distancia de fuentes de aguas superficiales	>1000m	500m	1
Profundidad del manto freático	>10m	12m	3
Compatibilidad con el desarrollo urbano	Compatible	Sí	4
Vida útil	>10 años	15 años	4
Tipo de suelo	Arcilloso-arenoso	Limo-arcilloso	3
Pendiente del terreno	>1%	3%	4
Costo y Legalidad del terreno	Municipal	Municipal	4
Σ Puntos			39
% Cumplimiento			89%

Basándose en los Indicadores del cuadro anterior, se construye un cuadro de asignación de puntos estándar (con números discretos). Los resultados serán expresados a través de puntos asignados a cada aspecto de evaluación: 2 puntos al sitio de menor impacto sobre el medio ambiente, 1 punto al de impacto medio y 0 al de mayor impacto.

Tabla No. 17. Evaluación socio-ambiental del sitio del vertedero actual:

Indicador de Evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Entorno Social			
Compatibilidad con la ley	0	No Cumple	2
	1	Mejorable	
	2	Cumple	
Compatibilidad con otros planes	0	No Cumple	2
	1	Mejorable	
	2	Cumple	
Iglesia	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Cementerio	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Escuela	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Facilidades Medicas	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	

Indicador de Evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Visibilidad desde Carretera	0	La mayoría del sitio puede verse desde la carretera	2
	1	Parte del sitio no puede verse debido a obstáculos	
	2	Casi todo el sitio no puede verse desde la carretera	
Mirador u Observatorio	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Resultante Entorno Social			16

Indicador de Evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Entorno Ambiental			
Paisaje Bello	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	
Terreno Actual	0	Pendiente pronunciada en el sitio	1
	1	Pendiente suave cerca del sitio	
	2	Terreno llano en el sitio	
Bosque	0	Hay en el sitio	2
	1	Hay a menos de 400m del sitio	
	2	No Hay a menos de 400m del sitio	

Indicador de Evaluación	Puntos	Descripción	Botadero Actual
Uso Actual de Suelo	0	Tierra Natural	1
	1	Tierra Cultivable	
	2	Tierra no Cultivable	
Resultante Entorno Ambiental			6

5.7.2. Investigaciones hidrogeológicas:

Para fines de estudio se recopiló información de hidrogeología y Meteorología en el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), con el propósito de conocer los parámetros referentes a temperatura y precipitación (Ver Anexo No. 7).

5.7.3. Estudio de suelo

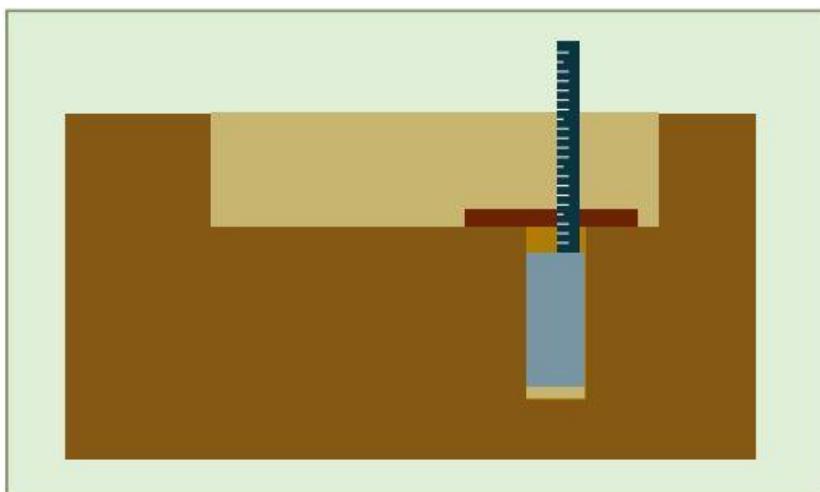
El estudio de suelo se realizó mediante ensayos in situ para determinar la textura del suelo y la capacidad de infiltración de los mismos. Del análisis realizado, podemos asegurar que el suelo, hasta las profundidades exploradas, se encuentra compuesto básicamente por arcillas orgánicas, limos inorgánicos y arenas limosas.

El procedimiento para determinar la capacidad de infiltración se describe a continuación:

- a. Tipo de agujero. Esta etapa se divide en dos, primero se hace una “trinchera” y luego se hace el agujero para la prueba. La trinchera se excava de 80 centímetros a 1 metro de lado. Esta “gaveta” como comúnmente se le conoce, debe permitir que una persona pueda inclinarse y hacer las correspondientes lecturas de profundidad de agua; esta excavación se puede hacer de una profundidad entre 30 y 60 centímetros. En un extremo de la gaveta, no en el centro, se perfora el

agujero de prueba de 10 a 30 centímetros de diámetro, con una profundidad adicional mínima de 30 centímetros, de forma tal que el fondo de este segundo agujero coincida con la profundidad de la zanja de absorción propuesta (normalmente entre 60 centímetros y 1,10 metros). Esa perforación se puede hacer con un “auger” manual o mecánico, así como con la ayuda de una “macana”. Cuando se vayan a utilizar pozos de infiltración y no zanjas de infiltración, el fondo de los agujeros de prueba se hace a diferentes profundidades. Por ejemplo, si se estima que el pozo tendrá 3 m de profundidad es necesario ejecutar al menos tres pruebas de infiltración; esto será a 1 metro, a 2 metros y a 3 metros. Porque se debe conocer la capacidad de infiltración en cada uno de los diferentes estratos.

Figura No. 18. Croquis prueba de infiltración



- b. Preparación del agujero de prueba. Se raspa cuidadosamente el fondo y las paredes del agujero perforado con el filo de un cuchillo o un instrumento punzocortante, para remover cualquier superficie de suelo remodelado y proporcionar una interface natural del suelo en el cual pueda filtrarse el agua. Se retira todo material suelto del agujero; se agregan 5 centímetros de arena gruesa, grava fina o piedra quintilla para proteger el fondo contra socavaciones y sedimentos. Es muy importante registrar el tipo de suelo que se extrae de ese agujero. Con ello, se aproxima otra apreciación de las posibles condiciones filtrantes del sitio.

- c. Saturación y expansión del suelo. Para asegurar una completa saturación y expansión del suelo, se mantiene el agujero menor (el cilíndrico) lleno de agua durante un período conveniente de 24 horas consecutivas, previo a la prueba o toma de lecturas. La saturación del suelo es muy importante porque los sistemas de infiltración deben funcionar correctamente en las épocas de lluvia. Con esta etapa se pretende simular ese hecho. Y si no se realiza en forma correcta, los sistemas que se dimensionen con datos errados, no funcionarán cuando las personas requieran utilizar los sistemas de saneamiento en los períodos de alta precipitación y saturación natural de los terrenos.

- d. Medición de la tasa de filtración. Pasado el período de saturación, indicado en el punto anterior, se ajusta la profundidad del agua a por lo menos 15 centímetros sobre la grava o arena gruesa colocada en el fondo. Desde un punto de referencia fijo, se mide el nivel de agua a intervalos de 30 minutos durante un período entre 2 y 4 horas, añadiendo agua sobre la grava cuando sea necesario (se agrega agua cuantas veces se requiera dentro del período establecido para la toma de datos). El descenso que ocurra en los últimos 30 minutos se usa para calcular la tasa de infiltración, usualmente expresada en minutos/cm.

- e. Datos. La diferencia de lecturas, al inicio y al final del último período de 30 minutos, es la que se utiliza para definir la tasa de infiltración (T), la cual se expresa generalmente en minutos/centímetro. Siempre es conveniente obtener el promedio de todas las lecturas realizadas y compararlo con el dato encontrado durante el último período. Si se dieran diferencias significativas, se tendrá evidencia de errores cometidos durante las lecturas o el efecto de una deficiente saturación previa.

Fotografía No.8. Prueba de Infiltración realizada In Situ



Los datos obtenidos de la prueba fueron los siguientes:

Tabla No.28. Prueba de infiltración

Dato	Hora inicio	Hora Fin	Lectura i (cm)	Lectura f (cm)	Diferencia (cm)
1	1:30 PM	2:00 PM	23	35	12
2	2:00 PM	2:30 PM	22	33	11
3	2:30 PM	3:00 PM	23	32	9
4	3:00 PM	3:30 PM	25	35	10
5	3:30 PM	4:00 PM	22	31	9
6	4:00 PM	4:30 PM	21	31	10

Fuente: Elaboración propia

Teniendo como resultado final una tasa de infiltración de 3 min/cm y obtener una velocidad de infiltración de 8.2×10^{-7} m/s equivalente a 2.952 mm/h, velocidad de infiltración característica de suelos arcillosos.

5.8. Cálculo de volúmenes de los desechos sólidos y área requerida para relleno sanitario.

Considerando la población a cubrir y en consecuencia los volúmenes de desechos a disponer se propone la construcción de un relleno sanitario Semi mecanizado. Así mismo tomando en cuenta las condiciones ambientales del sitio propuesto, así como su morfología y extensión, se propone que el relleno sea tipo trinchera.

Tabla No.29. Datos básicos para el diseño de Relleno sanitario

Población	16552
Tasa de Crecimiento Anual	2.85%
Periodo de Diseño	15 años
PPC Diaria	0.45 Kg/ hab-día
Densidad de Desecho Suelta	236.43 Kg/m ³
Densidad de Desecho Compactada	450 Kg/m ³
Densidad de Desecho Estabilizada	650 Kg/m ³
Material de Cobertura	20%
Áreas adicionales	30%

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo del volumen se utilizó como profundidad de excavación de trinchera 8m. Según la clasificación física de los residuos el 10% de los mismos tienen potencial de ser reciclados y posteriormente comercializados. Esto puede servir como estrategia para la disminución de los volúmenes de residuos que llegarían al relleno. Por tal razón se hizo el cálculo del área requerida para el 100% y el 90% del total de volúmenes generados.

Tabla No.30. Cálculo del área requerida del relleno sanitario. (100% de RS depositados).

No.	Población de diseño	PPC (Kg/hab/día)	DS Generados			Volúmen DS				Volumen RS		Área requerida				
						Compactado		Estabilizado		Estabilizado		Relleno sanitario		Área total		
			Diario (Kg/día)	Anual (Ton)	Acumulados (Ton/año)	Diario (m3)	Anual (m3)	Diario (m3)	Anual (m3)	Anual (m3)	Acumulado (m3)	m2	Ha	m2	Ha	Mz
0	16552	0,45	7448,40	2718,67	2718,67	16,55	6041,48	11,46	4182,56	5019,08	5019,08	627,38	0,06	815,60	0,08	0,12
1	17024	0,46	7879,01	2875,84	5594,51	17,51	6390,75	12,12	4424,37	5309,24	10328,32	1291,04	0,13	1678,35	0,17	0,24
2	17509	0,48	8334,51	3042,10	8636,61	18,52	6760,22	12,82	4680,15	5616,18	15944,49	1993,06	0,20	2590,98	0,26	0,37
3	18008	0,49	8816,35	3217,97	11854,57	19,59	7151,04	13,56	4950,72	5940,86	21885,36	2735,67	0,27	3556,37	0,36	0,51
4	18521	0,50	9326,04	3404,01	15258,58	20,72	7564,46	14,35	5236,93	6284,32	28169,67	3521,21	0,35	4577,57	0,46	0,65
5	19049	0,52	9865,20	3600,80	18859,38	21,92	8001,77	15,18	5539,69	6647,63	34817,30	4352,16	0,44	5657,81	0,57	0,81
6	19592	0,53	10435,53	3808,97	22668,34	23,19	8464,37	16,05	5859,95	7031,94	41849,24	5231,16	0,52	6800,50	0,68	0,97
7	20150	0,55	11038,83	4029,17	26697,52	24,53	8953,72	16,98	6198,73	7438,47	49287,72	6160,96	0,62	8009,25	0,80	1,15
8	20725	0,56	11677,01	4262,11	30959,63	25,95	9471,35	17,96	6557,09	7868,51	57156,23	7144,53	0,71	9287,89	0,93	1,33
9	21315	0,58	12352,09	4508,51	35468,14	27,45	10018,91	19,00	6936,17	8323,41	65479,63	8184,95	0,82	10640,44	1,06	1,52
10	21923	0,60	13066,19	4769,16	40237,30	29,04	10598,13	20,10	7337,17	8804,60	74284,24	9285,53	0,93	12071,19	1,21	1,73
11	22547	0,61	13821,57	5044,87	45282,17	30,71	11210,83	21,26	7761,35	9313,61	83597,85	10449,73	1,04	13584,65	1,36	1,94
12	23190	0,63	14620,63	5336,53	50618,70	32,49	11858,96	22,49	8210,05	9852,06	93449,91	11681,24	1,17	15185,61	1,52	2,17
13	23851	0,65	15465,88	5645,05	56263,75	34,37	12544,55	23,79	8684,69	10421,63	103871,53	12983,94	1,30	16879,12	1,69	2,42
14	24531	0,67	16360,00	5971,40	62235,15	36,36	13269,78	25,17	9186,77	11024,12	114895,65	14361,96	1,44	18670,54	1,87	2,67
15	25230	0,69	17305,81	6316,62	68551,77	38,46	14036,93	26,62	9717,88	11661,45	126557,11	15819,64	1,58	20565,53	2,06	2,94

Tabla No.31. Cálculo del área requerida del relleno sanitario. (90% de RS depositados).

Año	No.	Población de diseño	PPC (Kg/hab/día)	DS Generados			Volúmen DS				Volumen RS		Área requerida				
				Diario (Kg/día)	Anual (Ton)	Acumulados (Ton/año)	Compactado		Estabilizado		Estabilizado		Relleno sanitario		Área total		
							Diario (m3)	Anual (m3)	Diario (m3)	Anual (m3)	Anual (m3)	Acumulado (m3)	m2	Ha	m2	Ha	Mz
2021	0	16552	0,45	6703,56	2446,80	2718,67	14,90	5437,33	10,31	3764,31	4517,17	4517,17	564,65	0,06	734,04	0,07	0,11
2022	1	17024	0,46	7091,11	2588,25	5306,92	15,76	5751,68	10,91	3981,93	4778,32	9295,48	1161,94	0,12	1510,52	0,15	0,22
2023	2	17509	0,48	7501,06	2737,89	8044,81	16,67	6084,19	11,54	4212,13	5054,56	14350,04	1793,76	0,18	2331,88	0,23	0,33
2024	3	18008	0,49	7934,71	2896,17	10940,98	17,63	6435,93	12,21	4455,65	5346,78	19696,82	2462,10	0,25	3200,73	0,32	0,46
2025	4	18521	0,50	8393,44	3063,60	14004,59	18,65	6808,01	12,91	4713,24	5655,89	25352,71	3169,09	0,32	4119,81	0,41	0,59
2026	5	19049	0,52	8878,68	3240,72	17245,31	19,73	7201,60	13,66	4985,72	5982,87	31335,57	3916,95	0,39	5092,03	0,51	0,73
2027	6	19592	0,53	9391,98	3428,07	20673,38	20,87	7617,94	14,45	5273,96	6328,75	37664,32	4708,04	0,47	6120,45	0,61	0,88
2028	7	20150	0,55	9934,95	3626,26	24299,63	22,08	8058,35	15,28	5578,86	6694,63	44358,95	5544,87	0,55	7208,33	0,72	1,03
2029	8	20725	0,56	10509,31	3835,90	28135,53	23,35	8524,22	16,17	5901,38	7081,66	51440,61	6430,08	0,64	8359,10	0,84	1,20
2030	9	21315	0,58	11116,88	4057,66	32193,19	24,70	9017,02	17,10	6242,55	7491,07	58931,67	7366,46	0,74	9576,40	0,96	1,37
2031	10	21923	0,60	11759,57	4292,24	36485,44	26,13	9538,32	18,09	6603,45	7924,14	66855,81	8356,98	0,84	10864,07	1,09	1,55
2032	11	22547	0,61	12439,42	4540,39	41025,82	27,64	10089,75	19,14	6985,21	8382,25	75238,07	9404,76	0,94	12226,19	1,22	1,75
2033	12	23190	0,63	13158,57	4802,88	45828,70	29,24	10673,06	20,24	7389,04	8866,85	84104,92	10513,11	1,05	13667,05	1,37	1,96
2034	13	23851	0,65	13919,29	5080,54	50909,24	30,93	11290,09	21,41	7816,22	9379,46	93484,38	11685,55	1,17	15191,21	1,52	2,17
2035	14	24531	0,67	14724,00	5374,26	56283,50	32,72	11942,80	22,65	8268,09	9921,71	103406,09	12925,76	1,29	16803,49	1,68	2,40
2036	15	25230	0,69	15575,23	5684,96	61968,46	34,61	12633,24	23,96	8746,09	10495,31	113901,39	14237,67	1,42	18508,98	1,85	2,65

5.8.1. Cálculos para el volumen de trinchera y dimensionamiento de la misma

Para el 100% de los desechos generados en una proyección de 20 años:

Cálculo del volumen de trinchera o zanja:

Días de duración: 120 días.

Población a servir: 16552 hab. (Año 2020).

PPC: 0.45 Kg/hab/día

Cobertura del servicio: 100%.

Porcentaje del material de cobertura: 20%.

Densidad de la basura compactada: 450 kg/m³.

Profundidad: 8m. Ancho: 10 m.

DS generados por día= 6703,56 Kg

- **Volumen de Zanja**

Si se estima el 20% del material de cobertura, una vida útil de 90 días y una densidad de 400kg/m³, entonces:

$$V_z = \frac{t * DSr * MC}{Drsm} = \frac{120 \text{ días} * 6703.56 \text{ Kg/día} * 1.20}{450 \text{ kg/m}^3} = 2145.14 \text{ m}^3$$

Es decir que para depositar los desechos sólidos en un día se requieren excavar:

$$\frac{2145.14 \text{ m}^3}{120 \text{ días}} = 17.87 \text{ m}^3/\text{día}$$

Dimensiones de la zanja

Profundidad= 8m

Ancho=10m

Longitud=

$$L = \frac{V_z}{p * a} = \frac{2145.14 \text{ m}^3}{8\text{m} * 10\text{m}} = 26.82 \text{ m}$$

- **Tiempo de Maquinaria**

Se calculó el tiempo de máquinas requerido para la excavación de los 2145.14 m³ que es el volumen de cada trinchera para 120 días.

$$R = 14 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$J = 6 \text{ h/día}$$

$$t_{exc} = \frac{Vz}{R * J} = \frac{2145.14 \text{ m}^3}{14 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 6 \text{ h/día}} = 25.54 \text{ días} \approx 26 \text{ días}$$

Cálculo de dimensiones de la celda diaria

- **Cantidad de RSM que se debe disponer en kg/día-laboral**

$$DSrs = Dsp * \frac{7}{d \text{ habil}} = 6703.56 \text{ kg/día} * \frac{7 \text{ días}}{5 \text{ días}} = 9384.99 \text{ Kg/día}$$

El volumen de la celda diaria teniendo en cuenta el 20% de material de cobertura y la densidad de los desechos sólidos recién compactada igual a 450 kg/m³

$$Vc = \frac{DSrs}{Drsm} * MC = \frac{9384.99 \frac{\text{Kg}}{\text{día}}}{450 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} * 1.20 = 25.03 \frac{\text{m}^3}{\text{día lab}}$$

- **Longitud de celda**

Altura de celda=1m

Ancho de celda=5m

$$Lc = \frac{Vc}{hc * bc} = \frac{25.03 \text{ m}^3}{1\text{m} * 5\text{m}} = 5\text{m}$$

- **Cálculo de número de trincheras**

Factor de obras adicionales=30%

Área disponible= 59583.21 m²

$$n = \frac{A_{disp}}{FOA * L * A} = \frac{59583.21 \text{ m}^2}{1.3 * 26.82 \text{ m} * 10 \text{ m}} = 171 \text{ Zanjas}$$

5.9. Generación de lixiviado y tratamiento primario:

5.9.1. Estimación del volumen de lixiviado generado por el relleno

Sanitario

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

P=Precipitación media anual → 1662.4 mm/año → 1.6624 m/año (Ver Anexo)

K= 0.40 → Rellenos debidamente compactados (K= 0.25~0.50)

A= 90% del área total del relleno = 0.9 * 20565.53 m² = 18590.88 m²

Los 20565.53 m² es el área efectiva para el 100% de los desechos sólidos, proyectado para los 15 años.

$$Q = 1.6624 \frac{\text{m}}{\text{año}} * 18590.88 \text{ m}^2 * 0.40 = 12362.19$$

$$Q = \frac{1}{2} * 12362.19 = 6181.1 \frac{\text{m}^3}{\text{año}}$$

$$Q_{prom} = \frac{6181.1}{365} = 16.93 \frac{\text{m}^3}{\text{día}} = 16930 \frac{\text{Lts}}{\text{día}}$$

$$Q_{prom} = \frac{16933}{86400} = 0.19 \frac{\text{Lts}}{\text{s}}$$

$$Q_{prom} = \frac{6181.1}{12} = 515.1 \frac{\text{m}^3}{\text{mes}}$$

5.9.2. Cálculo de la fosa séptica

$$V1 = \left[\left(\frac{SST * Q * 0.7 * (1 - SSV)}{0.04} \right) * TR \right] / 10^9$$

Se utilizaron los datos de la calidad de lixiviados del municipio de Mateare debido a las similitudes y se encuentra en el Anexo 8

SSV (Sólidos suspendidos volátiles) = 5,185.00 mg/l.

ST= 22110 mg/ lts

SSV en función de ST= 5185/22110= 0.235

SST (Sólidos suspendidos totales) = 497.475 mg/lts.

Q = 16930 lts/día. Caudal promedio anual.

TR = 180 días.

$$SST = \frac{SSV}{ST} = \frac{3316.50 \text{ mg/lts}}{22110 \text{ mg/lts}} = 0.15$$

$$SST = 0.15 * 3316.5 \frac{\text{mg}}{\text{lts}} = 497.475 \frac{\text{mg}}{\text{lts}}$$

$$V1 = \left[\left(\frac{497.475 \frac{\text{mg}}{\text{lts}} * 16390 \frac{\text{lts}}{\text{día}} * 0.7 * (1 - 0.235)}{0.04} \right) * 180 \right] / 10^9$$

V1 = 1.97 m³ (Volumen útil destinado para el almacenamiento de sólidos)

- Volumen útil o total del tanque

$$V = Q * TRH + V1$$

Q= 16.93 m³/día

TRH= 1 día. Según la norma para tanque séptico ISO20

V1= 1.97 m³

$$V_u = \left(16.93 \frac{m^3}{día} * 1 \text{ día} \right) + 1.97 m^3 = 18.9 m^3$$

- Cálculos para el volumen útil del filtro anaerobio (FAFA)

$$V_{uf} = 1.6 * Q * TRH$$

$$V_{uf} = 1.6 * 16.93 \frac{m^3}{día} * 1 \text{ día} = 27.09 m^3$$

$$V_{uf} = 27.09 m^3 \text{ (Volumen total de 2 cámaras)}$$

$$V_{uf} = 13.54 m^3 \text{ (Volumen util de cada cámara)}$$

- Sección Horizontal

$$S = \frac{V_{uf}}{h}$$

$$S = \frac{13.54 m^3}{1.8 m} = 7.52 m^2 \text{ para cada cámara}$$

- Dimensionamiento de los reactores (Fosa séptica)

Sedimentador primario: Con el volumen encontrado $V= 18900$ litros superior a $14,000$ litros, el volumen máximo recomendado por las normas brasileñas, para que se dé una sedimentación óptima para un sedimentador primario, tipo tanque séptico, por lo tanto, se recomienda diseñar y construir una unidad de sedimentador primario (tanque séptico de 2 cámaras).

$$V = l * b * h$$

Se tiene

$$V = 2b * b * h$$

$$V = 2b^2 * h$$

$$b = \sqrt{\frac{V}{2h}} = \sqrt{\frac{18.9 \text{ m}^3}{2 * 1.8\text{m}}} = 2.29 \text{ m} < 3\text{m}$$

$B < 2H$

$B < 2 * 1.80\text{m} = 3.60$

Profundidad útil del tanque séptico (H) → Propuesto H = 1.80 m

Ancho propuesto → $b = 2.00 \text{ m}$

Verificación de la dimensión de b según la normativa:

$$2 \leq \frac{l}{b} \leq 4$$

$$L = \frac{V}{b * h} = \frac{18.9 \text{ m}^3}{2\text{m} * 1.80 \text{ m}} = 5.25 \text{ m}$$

$$2 \leq \frac{5.25 \text{ m}}{2 \text{ m}} \leq 4$$

$$2 \leq 2.625 \leq 4$$

La fosa séptica se dividirá en dos cámaras que estarán separadas por una pantalla de hormigón armado, con aberturas para permitir el flujo de la primera a la segunda cámara por lo cual se presenta su cálculo.

1. Cálculo de la primera cámara: $P_c = 2/3 L = 2/3 (5.25) = 3.5 \text{ m}$.
2. Cálculo de la segunda cámara: $S_c = 1/3 L = 1/3 (5.25) = 1.75 \text{ m}$.

- Cálculo de las aberturas en pantalla

Área transversal de la fosa = $b \times h = 2\text{m} * 1.8\text{m} = 3.6 \text{ m}^2$

Se tomará el 5% del área transversal = $3.60 \text{ m}^2 \times 0.05 = 0.18 \text{ m}^2$.

Área a utilizar = 0.18 m^2 .

Se usará un diámetro de 6" por efectos constructivos:

$$A = \frac{\pi * 0.15^2}{4} = 0.01824 \text{ m}^2$$

$$\text{No. de orificios} = \frac{0.18 \text{ m}^2}{0.01824 \text{ m}^2} = 9.87 \approx 10 \text{ orificios de 6" c/u}$$

- Cálculo de la altura h de colocación del invert. de los orificios construidos por tubos de 6" (150 mm).

$$H = \frac{2}{3}h$$

$$h = 1.80 \text{ m}$$

$$H = \frac{2}{3} * 1.80 \text{ m} = 1.20 \text{ m}$$

$$H = 1.80 \text{ m} - 1.20 \text{ m} = 0.60 \text{ m} \rightarrow \text{sumergido}$$

- Determinación de la velocidad de sedimentación de partículas de reactores del primer período

Considerando:

Tamaño mínimo de partículas a remover: 0.1 mm

$V_0 = 8.00 \text{ mm/s} = 0.008 \text{ m/s}$

$$\text{Velocidad de sedimentación: } V = \frac{Q}{A}$$

$$A = b * h = 2 \text{ m} * 1.8 \text{ m} = 3.6 \text{ m}^2$$

$$V = \frac{0.00024684}{3.6 \text{ m}^2} = 6,85 \times 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}} < 0.008 \frac{\text{m}}{\text{s}} \text{ Satisface}$$

Tabla No.32. Dimensiones de la Fosa séptica del primer período

	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (L)
Primera Cámara	3.5	2	1.80	12600
Segundo Cámara	1.75	2	1.80	6300
				18900

Las dimensiones de largo y ancho del tanque séptico son definitivos para el sistema constructivo. Sin embargo, la profundidad calculada (1.80 m) corresponde a la altura útil a nivel de agua residual por lo que la altura total interna será 1.80 m + 0.4 m= 2.20 m. Los 40 cm adicionales se dejan como espacio donde se acumulan gases (metano, sulfuro, etc.) y natas (espumas).

5.9.3. Diseño del filtro anaerobio

Altura=2m (Propuesto)

Ancho= 3m (Propuesto)

$L < 3h$

V_{útil} >1250 lts

$$L = \frac{V_{\text{útil}}}{b * h} = \frac{18.9 \text{ m}^3}{3\text{m} * 2\text{m}} = 3.15 \text{ m}$$

Tabla No.33. Dimensiones del FAFA (Filtro anaeróbico de flujo ascendente)

Concepto	Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Capacidad (L)
FAFA	3	2	3.15	18900

5.9.4. Cálculos para pozo de infiltración

Q Tanque séptico y FAF= 16.93 m³/día.

Capacidad de absorción del suelo= 0.071 m/día (Suelo arcilloso)

- Área útil del campo de infiltración

$$A_{req} = \frac{Q}{T_{inf}} = \frac{16.93 \text{ m}^3/\text{día}}{0.071 \text{ m/día}} = 238.45 \text{ m}^2$$

Datos utilizados para el diseño del pozo de infiltración:

Ancho del Pozo (A)= 3.00 m.

Largo del Pozo (L)= 3.00 m.

Profundidad Efectiva (PE)= 3.50 m.

Profundidad Total (PT)= 4.00 m.

Perímetro del pozo= 12.0 m.

Área del Fondo (AF)= ¿? (Dato a encontrar)

$$\text{Área del fondo (AF)} = L * A = 3m * 3m = 9m^2$$

$$\text{Perímetro del pozo} = 2A + 2L = 2 * 3m + 2 * 3m = 12 m$$

$$\text{Área de absorción} = (P * PE) + AF = (12m * 3.5m) + 9m^2 = 51 m^2$$

$$\text{Pozos requeridos} = \frac{A_{req}}{A_{abs}} = \frac{238.45 \text{ m}^2}{51 \text{ m}^2} = 4.68 \text{ Pozos} \approx 5 \text{ Pozos}$$

5.9.5. Drenaje pluvial externo

Con el fin de minimizar la producción de lixiviados y evitar la contaminación de las aguas será necesario evacuar las aguas de escorrentía superficial, tanto de las áreas tributarias del relleno como las adyacentes al sitio. Para determinar el

caudal de diseño y el modelo matemático para dimensionar la sección transversal del canal abierto se utilizó el método racional.

Para obtener el coeficiente de escorrentía se utilizaron los criterios presentados en la tabla de coeficiente de escorrentías según disposiciones del suelo (Ver Anexo 9) que se adecuan a las características del suelo como tipo de suelo, el uso y al pendiente. Uso de suelo 0.06 por estar en zona de malezas, terreno baldío, tipo de suelo 1.50 se tomó por ser un terreno impermeable y la pendiente del terreno varía del 3 y 5% utilizando el valor de 1.50.

$$C = 0.06 * 1.50 * 1.50 = 0.135$$

La intensidad de lluvia empleada para estimar el caudal de diseño se obtuvo del gráfico de la curva intensidad, duración y frecuencia (IDF) método Gumbel tipo I, de la estación meteorológica campos azules (Ver anexo 11).

El tiempo de duración de la lluvia de diseño se asumió de 10 minutos, el periodo de retorno para una obra de drenaje pluvial menor se asumió de 10 años con estos datos se obtuvo una intensidad de 96.5 mm/h. El área de la cuenca de drenaje es 0.059583 km².

$$Q_d = 0.2778 * 0.135 * 96.5 \left(\frac{mm}{hr} \right) * 0.059583 \text{ km}^2$$

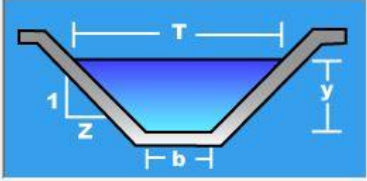
$$Q_d = 0.2156 \frac{m^3}{seg}$$

Para el drenaje pluvial en el relleno sanitario se propuso un canal abierto de concreto con una sección trapezoidal. En la figura 18 se muestran las dimensiones obtenidas con el software Hcanales.

Figura No.19. Dimensiones del canal de drenaje pluvial

Lugar:	San Rafael del sur	Proyecto:	PIGARS-SRS
Tramo:	Colectora agua pluvial	Revestimiento:	Concreto

Datos:	
Caudal (Q):	0.2156 m ³ /s
Ancho de solera (b):	0.30 m
Talud (Z):	1
Rugosidad (n):	0.017
Pendiente (S):	0.01 m/m



Resultados:			
Tirante normal (y):	0,2507 m	Perímetro (p):	1,0090 m
Área hidráulica (A):	0,1380 m ²	Radio hidráulico (R):	0,1368 m
Espejo de agua (T):	0,8014 m	Velocidad (v):	1,5618 m/s
Número de Froude (F):	1,2014	Energía específica (E):	0,3750 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Supercrítico		

5.10. Drenaje de gases

Las chimeneas de gases serán construidas con tubos de PVC, SDR 41, de 12” de diámetro, perforado en toda su periferia y longitud con orificios de ½” de diámetro, separados entre sí por una distancia de 10 cm. en este caso se recomienda hacerlas con cuarterones de madera de 3” x 2” y malla rellena con piedra de 3 – 4 pulgadas. La elevación de las chimeneas sobre el acabado final del relleno sanitario no deberá ser menor de 30 cm., terminando la tubería con dos codos que den al extremo la forma de U invertida. En la boca de la tubería deberá de colocarse una malla que evite la introducción de insectos y roedores. La separación entre chimenea y chimenea no podrá ser mayor de 50 m. Y deberá hacerse una buena compactación alrededor.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

Concluido el estudio siguiendo los lineamientos de los objetivos con la metodología propuesta para el PIGARS – San Rafael del Sur se puede inferir lo siguiente:

Para la implementación del PIGARS, como primer paso es necesario establecer una organización local, para la participación de diversos actores en el proceso de planificación, por lo que la composición del grupo gestor del PIGARS- San Rafael del Sur fue definido asegurando una conformación multidisciplinaria.

El diagnóstico elaborado a la municipalidad como principales indicadores tenemos; Se determinó que la población clasifica como regular a deficiente el servicio de recolección por parte de la alcaldía municipal, esto debido que, según ellos, no se les brinda el servicio con la frecuencia adecuada. Se estimó mediante la caracterización de los residuos sólidos que la ppc de San Rafael del Sur fluctúa en un rango de 0.39-0.52 y un valor medio de 0.45 (Kg/hab/día). La composición física de los residuos se caracterizó por tener materia orgánica (Restos de comida 36.31% y patio 41.46%) como el componente predominante esto se debe a los hábitos de consumo de la población.

En la ciudad de San Rafael del sur, las fuentes generadoras de residuos son, principalmente, las viviendas, el parque, avenidas, calles, y en menor medida, el centro de salud, las iglesias, tiendas, instituciones públicas y privadas. Todas estas fuentes son atendidas por el servicio de recolección de residuos sólidos de la Alcaldía. Con respecto a los residuos biológicos infecciosos y peligrosos que se generan en el centro de salud, se cuenta con un incinerador, en el cual se eliminan este tipo de residuos. Por lo general, se utiliza una vez a la semana, pero cuando se realizan jornadas de vacunación, se usa al menos dos veces.

Con respecto a las rutas de recolección se determinó mediante micro y macro ruteo que los tiempos de recorrido actuales son eficientes, y tienen una cobertura

aproximada del 95% del casco urbano, pero se debe mejorar en la frecuencia de recolección semanal por sectores.

El sitio seleccionado para el depósito de residuos sólidos cumple con los requisitos técnicos de operación de un relleno sanitario, tanto en las normas internacionales del CEPIS/OPS como las expedidas por INIFOM y el MINSA.

Además, se concluyó que el sitio propuesto puede utilizarse para la construcción del relleno sanitario, contando con una vida útil de 15 años operando el sitio combinado el método semi-mecanizado, el terreno cuenta con un área de 5.95 Ha.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda organizar campañas de clasificación de residuos sólidos desde su origen en materia orgánica y materia inorgánica, así como elaborar planes estratégicos de concientización en las escuelas.

Con respecto al personal de Servicios Municipales, es necesario que, tanto los operarios encargados del Barrido de Calles, y los que forman parte de la Cuadrilla de Recolección, que no sean asignados a otros puestos, aunque sea de forma temporal. Esto afecta grandemente el manejo de los residuos sólidos, y provoca más deficiencias, aparte de las que ya se tienen. Es importante la planificación de nuevas rutas dentro del municipio en las que se agregue a las comunidades que ya están cercanas al casco urbano y se pueda hacer un mapa con las rutas optimizadas, aprovechando la orientación de las calles (de norte a sur y de este a oeste).

De igual forma, se recomienda el aumento de la frecuencia de recolección a, al menos, 2 veces a la semana. Así mismo, es necesaria la capacitación del personal clave de Servicios Municipales, así como el de Medio Ambiente, en el uso y manejo de softwares especializados, capacitación que puede extenderse al personal de Catastro, Planificación, Urbanismo y Evaluación de proyectos, y resulta muy útil también para la Unidad de Reducción y Mitigación de Riesgos.

En cuanto al relleno sanitario se recomienda restringir el acceso únicamente por la entrada principal, sembrar árboles a nivel perimetral y cercar la zona. Llevar un control y supervisión de las actividades de clausura del botadero a cielo abierto. Realizar la cobertura final de los residuos sólidos a la hora de clausurar el botadero, así como su compactación y cubrimiento con una capa vegetativa.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Asamblea Nacional (2002). Norma técnica ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos 05014-01. L. Managua, Nicaragua: La Gaceta Diario Oficial.
- Acurio, G.; Rossin, A.; Teixeira, P. y Zepeda, F. (1997). Diagnóstico de la situación del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.
- Borzacconi, L., Martínez, J., Anido, C., López, I., Díaz, C. (1994). Transporte de contaminante en la zona no saturada de un Relleno Sanitario. Montevideo, Uruguay, 1994.
- CEPIS. (1998). Diagnostico de la situacion del manejo de residuos sólidos municipales en América Latina y el Caribe.
- Consejo Nacional del Ambiente (CONAM). (2001). Guía Metodológica para la formulación de Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos. Perú.
- Jaramillo, J. (2002). Guía para el Diseño, Construcción, Operación y Monitoreo de Rellenos Sanitarios.
- Lacayo, M. (2008). Curso de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos para la Carrera de Ingeniería en Calidad Ambiental. Universidad Centroamericana. Managua, Nicaragua.
- Norma técnica ambiental para el manejo tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligroso NTON 05 014 – 02.
- Plan Maestro de desarrollo urbano San Rafael del Sur 2004-2024.
- Programa Ambiental Regional para Centroamérica, PROARCA. (2003). Guía para la Gestión de Manejo de Residuos Sólidos Municipales.
- Residuos Sólidos Municipales, Guía para el Diseño, Construcción y Operación de Rellenos Sanitarios Manuales, Programa de salud Ambiental, serie técnica No.28, Organización Panamericana de la Salud, Organización Mundial de la Salud, Washington D.C; septiembre de 1991.
- Vílchez, H. P., & Moraga, F. M. (2010). Diseño del Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos, (Tesis inédita de Ingeniería). Universidad Nacional de Ingeniería, Managua, Nicaragua.

ANEXOS

Anexo 1. Guía de Encuesta

Barrio: Dirección exacta:

Código de vivienda: Propietario: _____

No. de habitantes:

Objetivo: La presente encuesta tiene como finalidad, conocer la situación de manejo que presentan actualmente los residuos sólidos en el municipio de San Rafael del Sur, información que servirá de base para proponer la implementación de un sistema de recolección y manejo de los residuos, y con ello contribuir a la reducción de los impactos negativos que estos ocasionan a la calidad ambiental en la zona.

1. ¿En esta casa se desarrolla alguna actividad de tipo económica? (Si la respuesta es afirmativa, preguntar a qué tipo de actividad se refiere)

a) Si:

b) No: ¿A qué actividad se refiere? _____

2. Los residuos generados por [reemplazar por actividad descrita en la pregunta anterior], **¿son almacenados junto con los residuos que se generan en el resto de la vivienda?**

a) Si:

b) No:

c) No aplica:

3. ¿Por qué los almacenan juntos?

a) Es más cómodo:

b) No se dispone de suficientes recipientes:

c) Se produce poco:

d) No hay cultura de separación:

e) No aplica:

f) Otro: _____

4. ¿Qué tipo de recipiente es mayormente utilizado en esta vivienda, para almacenar los residuos sólidos generados a diario? (Múltiples respuestas)

- a) Barril Plástico (0.2 m³):
- b) Barril Metálico (0.2 m³):
- c) Saco de Nylon:
- d) Saco de yute:
- e) Barril cortado a la mitad (0.1 m³):
- f) Caja de cartón:
- g) Bolsa plástica:
- h) Balde plástico:
- i) Barril plástico (variada capacidad):
- j) Otro: _____

5. ¿Qué hace con los residuos sólidos que se producen en esta vivienda? (Respuestas múltiples)

- a) Entierra:
- b) Quema al aire libre:
- c) Se bota en recipientes públicos:
- d) Se bota en el río, estero, en la calle:
- e) Se hace compostaje:
- f) Son recolectados por la alcaldía:

6. ¿Existe en la comunidad alguien que se encargue de recolectar y transportar los residuos sólidos hasta el vertedero municipal? [Si responde al inciso a) No, de por concluida la encuesta]

- a) Si:
- b) No:

7. ¿Con qué frecuencia son evacuados los residuos sólidos en la comunidad?

- a) Diario:
- b) Dos veces por semana:
- c) Una vez por semana:

- d) Cada quince días:
- e) No pasa:
- f) No sabe/No responde:
- g) Otro:

8. ¿Quién es el responsable por la prestación del servicio?

- a) La Alcaldía:
- b) Alguien de la comunidad:
- c): No sabe/No responde:

9. ¿Se paga por el servicio prestado a esta vivienda? [Si responde al inciso

a) SI, pasar directamente a la pregunta 11]

- a) Si:
- b) No:
- c) No aplica:

10. ¿Por qué no se paga el servicio?

- a) No pasa ningún vehículo recolectando por este lugar:
- b) No pasan cobrando:
- c) No hay dinero:
- d) No aplica:
- e) La alcaldía se encarga de esa gestión:

11. ¿Con qué regularidad se paga por el servicio de recolección de residuos prestado a su vivienda? Si cae en el inciso g), especificar]

- a) Mensual:
- b) Bimensual:
- c) Trimestral:
- d) Cada seis meses:
- e) Una sola vez al año:
- f) No sabe:
- g) Otro: _____
- h) No Aplica:

12. ¿Cuánto se paga al mes en esta vivienda por el servicio de recolección de residuos sólidos? [Si responde al inciso h) No sabe/desconoce, concluya la encuesta]

- a) No sabe/desconoce:
- b) 5 córdobas:
- c) 10 córdobas:
- d) 15 córdobas:
- e) De 20 a 30 córdobas:
- f) De 30 a 50 córdobas:
- g) más de 50 córdobas:

13. ¿Cómo califica el monto de la tarifa cancelada a la Alcaldía Municipal, por el servicio recibido?

- a) Mucho:
- b) Poco:
- c) Ni mucho, ni poco:
- d) Suficiente:
- e) No opina/ No contesta:
- F) No Aplica:

14. En general, ¿Cómo califica el servicio de recolección de residuos sólidos que usted recibe?

- a) Excelente:
- b) Muy bueno:
- c) Bueno:
- d) Regular:
- e) Deficiente:

Anexo 2. Distribución muestral

Barrio	Viviendas	Población	% de estrato	Muestras	Código
Las Palmeras	245	785	5.16	2	LP
El Pinol	338	962	7.12	4	PL
Perfecto Gutiérrez	340	733	7.17	2	PG
Colonia Canadá	369	648	7.78	3	CC
Colonia Nicarao	294	669	6.20	2	CN
Pilas	370	921	7.80	2	PI
San Carlos	105	202	2.21	1	SC
Julio Buitrago	473	1871	9.97	8	JB
Estadio	394	791	8.30	5	ES
Los Jaras	60	158	1.26	1	LJ
El Rastro	213	1284	4.49	4	ER
Las Piedrecitas	268	1498	5.65	6	LP
La Bolsa	461	2481	9.72	11	LB
La Llansa	76	358	1.60	1	LL
El instituto	240	1024	5.06	3	IN
Km 45	133	267	2.80	1	KM
El Granero	366	1900	7.71	5	GR
Total	4745	16552	100	61	

Anexo 3. Tabla PPC

Número	Código	No. Habitantes	Peso de Muestra por viviendas (Kg)							PPC (Kg/hab/día)
			Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
1	LP1	4	0.8	1.5	1.2	0.8	1.5	1.25	1.4	0.30
2	LP2	3	1.2	0	0.8	1.1	0.7	3.2	1.6	0.41
3	PL1	2	0.5	1.4	0.7	0.6	0.4	1.3	0.5	0.39
4	PL2	4	0.9	1.9	1.2	0.6	1.4	0.9	2.7	0.34
5	PL3	3	0.7	1.5	0.6	1.9	0.9	1.2	1.3	0.39
6	PL4	5	2.1	1.2	0	3.4	2.2	2.4	1.8	0.37
7	PG1	2	1.1	0.5	0.8	1.2	0.9	0	0.8	0.38
8	PG2	3	0.8	0.4	1.2	2.6	0.9	0.7	1.1	0.37
9	CC1	3	1.3	1.1	1	0.8	0.9	1.9	1.7	0.41
10	CC2	4	0.9	1.5	1.2	1.4	1.8	0.8	2.5	0.36
11	CC3	6	1.9	2.4	3.8	1.1	2.6	0.9	3.5	0.39
12	CN1	3	0.4	1.5	2.2	1.6	0.9	2.1	1.3	0.48
13	CN2	5	1.9	3.4	1.1	2.5	0.9	1.5	2.1	0.38
14	PI1	4	0.9	1.2	1.1	1	0.9	2.1	0.7	0.28
15	PI2	2	1.1	0.9	1.4	0	1.2	0.7	0.6	0.42

Número	Código	No. Habitantes	Peso de Muestra por viviendas (Kg)							PPC (Kg/hab/día)
			Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
16	SC1	3	1.1	0	0.8	0.5	1	0.9	1.1	0.26
17	JB1	2	0.5	1.1	0.8	0.6	0.7	0.8	0.6	0.36
18	JB2	4	1.5	0.4	4.1	0.9	1.9	2.4	1.9	0.47
19	JB3	3	1.6	2.1	2.5	0.9	2.4	3.2	1.9	0.70
20	JB4	3	0.9	2.4	2.1	1	3	2.9	2.1	0.69
21	JB5	5	1.6	1.5	2.4	2.8	1.1	2.6	1.8	0.39
22	JB6	7	2.1	3.5	1.1	1.6	2.4	1.2	2.1	0.29
23	JB7	2	0.9	1.1	2.1	0.7	1.2	0.8	0.7	0.54
24	JB8	4	1.2	1.5	0.9	1.6	2.1	0.6	0.7	0.31
25	ES1	3	1.2	2.4	0.4	1.6	1.1	2.1	0	0.42
26	ES2	4	2	1.6	1.5	0.9	1.2	1.7	0.8	0.35
27	ES3	5	3.5	2.1	1.5	1.4	1.1	2.5	3.3	0.44
28	ES4	3	2.5	2.1	1.9	3.2	1.8	2.6	1.4	0.74
29	ES5	4	1.1	2.4	3.5	2.1	1.1	2.5	1.3	0.50
30	LJ1	4	1.2	0.4	1.6	0.9	2.1	0.8	1.9	0.32
31	ER1	5	1.5	2.1	3.1	1.5	0.9	3.4	2.4	0.43
32	ER2	3	1.5	1.3	2.1	0.9	1.6	1.7	1.1	0.49
33	ER3	2	0.9	1.1	0.8	2.1	1.4	0.7	0.6	0.54

Número	Código	No. Habitantes	Peso de Muestra por viviendas (Kg)							PPC (Kg/hab/día)
			Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
34	ER4	5	1.5	2.1	1.9	1.4	2.3	1	0	0.29
35	LP1	3	1	0.9	1.2	0.9	1.8	2.1	1.2	0.43
36	LP2	4	5.1	2.8	3.5	6.4	2.1	1.9	3.2	0.89
37	LP3	6	1.4	2.5	3.5	1.2	7.1	2.4	3.3	0.51
38	LP4	3	0.9	1.8	2.1	0.9	1.5	1.6	1.1	0.47
39	LP5	2	1.1	0.5	0.9	1.5	1.2	0	0.8	0.43
40	LP6	4	2.1	0.9	1.5	1.8	2.4	2.2	0.9	0.42
41	LB1	1	0.5	0.6	0	1.1	0.8	0.5	0.4	0.56
42	LB2	3	2.1	0.8	0.7	1.5	1.2	0.6	1.8	0.41
43	LB3	2	1.5	1.8	0.9	1.5	1.2	2.1	1.4	0.74
44	LB4	4	1.5	2.5	3.4	1.8	2.4	0.9	2.9	0.55
45	LB5	3	1.1	0.9	2.5	1.8	1.9	2.2	1.3	0.56
46	LB6	5	1.4	1.3	2.1	1.5	1.1	2.1	1.6	0.32
47	LB7	3	2.5	1.8	0	2.1	1.1	2.1	1	0.50
48	LB8	5	3.1	1.5	2.1	1.5	2	4.1	1.1	0.44
49	LB9	4	1.4	2.1	1.4	0	1.4	3.8	1.5	0.41
50	LB10	3	2.1	3.5	2.1	1.5	1.6	2.5	1.4	0.70
51	LB11	2	1.5	2.5	1.8	1.2	1.4	2.1	0.9	0.81

Número	Código	No. Habitantes	Peso de Muestra por viviendas (Kg)							PPC (Kg/hab/día)
			Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	
52	LL1	4	1.1	2.1	0.9	1	2.1	2.4	0	0.34
53	IN1	2	0.5	0.8	0.9	0.6	1	1.1	0.6	0.39
54	IN2	6	2.1	1.6	2.2	1.3	1.9	3.4	1.9	0.34
55	IN3	3	1.5	2.1	1.8	2.2	1.4	2	1.2	0.58
56	KM1	4	1.8	2.4	1.5	1.1	1.3	2.1	1	0.40
57	GR1	6	3.1	2.1	5	2.4	3.6	7.2	1.4	0.59
58	GR2	2	0.5	1.1	0.6	1.5	2.1	1.5	0.8	0.58
59	GR3	3	1.2	1.1	2.1	0.9	1.4	2	0	0.41
60	GR4	2	0.8	1.4	1.5	0	1	1.2	0.9	0.49
61	GR5	4	1.2	1.1	0.5	0.8	1.3	1	1.5	0.26
Total		217	88.9	96.1	100.1	87.2	97.8	112.45	84.4	0.45
PPC(Kg/hab/día)			0.41	0.44	0.46	0.40	0.45	0.52	0.39	

Anexo 4. Clasificación física

Día	Muestra Kg	%Materia orgánica						86.52	% Materia inorgánica				13.48
		Restos de comida	Residuos de patio	Papel	Cartón	Telas	Madera	Cuero	Plástico	Vidrios	Metal	Hule	Otros
Martes	40	15.1	18	1.1	1.3	0.1	0	0.4	1.1	0.3	0.2	0.2	2.2
Miércoles	41	21	10.4	0.9	1	0.5	0.6	0.5	2.4	0.4	0.3	1.1	1.9
Jueves	40	10.8	19	1.8	1.5	0.7	0.2	0	2.4	0.4	0.3	0.4	2.5
Viernes	42	12.4	17.4	2.1	2.4	0	0	0.1	5.1	0.2	0.3	0.1	1.9
Sábado	40	15.1	17.2	1.1	1.4	0.5	0.7	0.1	1.4	0.2	0.2	0.6	1.5
Domingo	44	15	18.1	0.7	0.9	0.4	1	0	4.8	0.1	0.1	0.1	2.8
Lunes	40	14.8	18.9	0.9	1	0.9	0.1	0.2	2.1	0.2	0.3	0.2	0.4
Peso Promedio	41	14.89	17.00	1.23	1.36	0.44	0.37	0.19	2.76	0.26	0.24	0.39	1.89
%	100	36.31	41.46	3.00	3.31	1.08	0.91	0.45	6.72	0.63	0.59	0.94	4.60

Anexo 5. Densidad de Residuos sólidos

Día	Volumen de Muestra en m3	Peso de muestra en Kg	Densidad en Kg/m3
Martes	0.02	4.70	235.00
Miércoles	0.02	4.80	240.00
Jueves	0.02	4.60	230.00
Viernes	0.02	4.40	220.00
Sábado	0.02	4.80	240.00
Domingo	0.02	5.60	280.00
Lunes	0.02	4.20	210.00
Promedio	0.02	4.73	236.43

Anexo 6. Lecturas de prueba de Infiltración

Datos de Campo					
Dato	Hora inicio	Hora Fin	Lectura i (cm)	Lectura f (cm)	Diferencia (cm)
1	1:30 p. m.	2:00 p. m.	23	35	12
2	2:00 p. m.	2:30 p. m.	22	33	11
3	2:30 p. m.	3:00 p. m.	23	32	9
4	3:00 p. m.	3:30 p. m.	25	35	10
5	3:30 p. m.	4:00 p. m.	22	31	9
6	4:00 p. m.	4:30 p. m.	21	31	10

Anexo 7. Tablas de precipitaciones de San Rafael del Sur

Latitud: 11°51'20" N
Longitud: 86° 25 '20"W
Elevación: 75
Años: 2000-2014
n: msnm
Parámetro: Precipitación
o: (mm) **Tipo:** PV

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Suma
2000	-	-	-	-	-	-	19,7	35,8	639,0	160,4	14,8	0,0	869,7
2001	0,0	0,0	0,0	0,0	136,6	63,5	13,7	55,6	331,4	162,5	111,3	0,0	874,6
2002	0,0	0,0	0,0	0,0	395,1	237,6	14,7	36,0	364,4	-	-	-	1047,8
2003	-	-	-	-	-	-	76,5	32,6	160,8	268,9	78,3	-	617,1
2004	0,0	0,0	0,0	0,0	283,4	36,0	216,1	61,2	240,2	360,2	45,4	0,0	1242,5
2005	0,0	0,0	8,9	37,3	295,3	285,1	155,6	208,2	587,4	1140,0	59,2	12,4	2789,4
2006	0,1	0,0	0,0	0,0	30,7	302,2	21,3	80,2	191,4	445,0	70,5	0,0	1141,4
2007	0,0	0,0	0,0	7,6	476,5	159,2	78,8	450,8	412,9	668,6	92,5	5,6	2352,5
2008	0,0	0,0	0,0	2,1	331,5	185,2	261,4	554,1	1130,4	1106,8	29,9	0,0	3601,4

2009	1,2	0,0	0,0	0,0	149,2	216,0	48,3	51,7	198,3	110,1	14,6	0,0	789,4
2010	26,9	0,0	0,0	147,3	254,8	847,8	928,9	742,9	1117,9	49,3	67,3	0,0	4183,1
2011	0,0	0,0	0,0	0,0	101,9	159,8	282,3	254,7	250,3	607,3	63,9	1,3	1721,5
2012	3,4	0,0	0,0	64,9	145,8	326,2	9,9	167,5	19,5	209,4	0,0	1,3	947,9
2013	0,0	0,0	0,0	0,0	154,2	134,5	62,5	122,5	701,8	391,9	61,4	1,3	1630,1
2014	0,0	0,0	0,0	0,0	52,1	100,5	39,5	123,4	414,6	346,9	50,1	0,0	1127,1
Suma	31,6	0,0	8,9	259,2	2807,1	3053,6	2229,2	2977,2	6760,3	6027,3	759,2	21,9	24935,5
Media	2,4	0,0	0,7	19,9	215,9	234,9	148,6	198,5	450,7	430,5	54,2	1,7	1662,4
Max	26,9	0,0	8,9	147,3	476,5	847,8	928,9	742,9	1130,4	1140,0	111,3	12,4	4183,1
Min	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7	36,0	9,9	32,6	19,5	49,3	0,0	0,0	617,1

Anexo 8. Calidad de Lixiviados utilizados del Municipio de Mateare


Calidad de Lixiviados	
PH	7.8
Conductividad eléctrica	1,438.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$
Sólidos totales (ST)	22,110.00 mg/l
Sólidos Volátiles (SV)	6,710.00 mg/l
Sólidos suspendidos Volátiles (SSV)	5,185.00 mg/l
Sólidos suspendidos totales (SST)	3,316.50 mg/l
Sólidos fijos (SF)	1,090.00 mg/l
Sólidos sedimentables (SSD)	150.00 mg/l
DBO5	2,057.00 mg/l
DQO	1,2204 mg/l
Grasas y aceites	64.00 mg/l
Alcalinidad total	1500.00 mg/l

Anexo 9. Coeficiente de escorrentía según disposiciones del suelo.

Uso de suelo	Us
Vegetación densa, bosques, cafetal con sombra, pastos.	0.04
Maleza, arbustos, (solar baldío), cultivos perennes, parques, cementerios, Campos deportivos.	0.06
Sin Vegetación o con cultivos anuales.	0.10
Zonas suburbanas (viviendas, negocios).	0.20
Casco Urbano y zonas industriales.	0.30 – 0.50
Tipo de suelo	Ts
Permeable (terreno arenoso, ceniza volcánica, pómez).	1.00
Semipermeable (terreno arcillo – arenoso).	1.25
Impermeable (terreno arcilloso, limoso, marga).	1.50
Pendiente del terreno (%)	Pt
0.0 – 3.0	1.00
3.1 – 5.0	1.50
5.1 – 10.0	2.00
10.1 – 20.0	2.50
20.1 y más	3.00

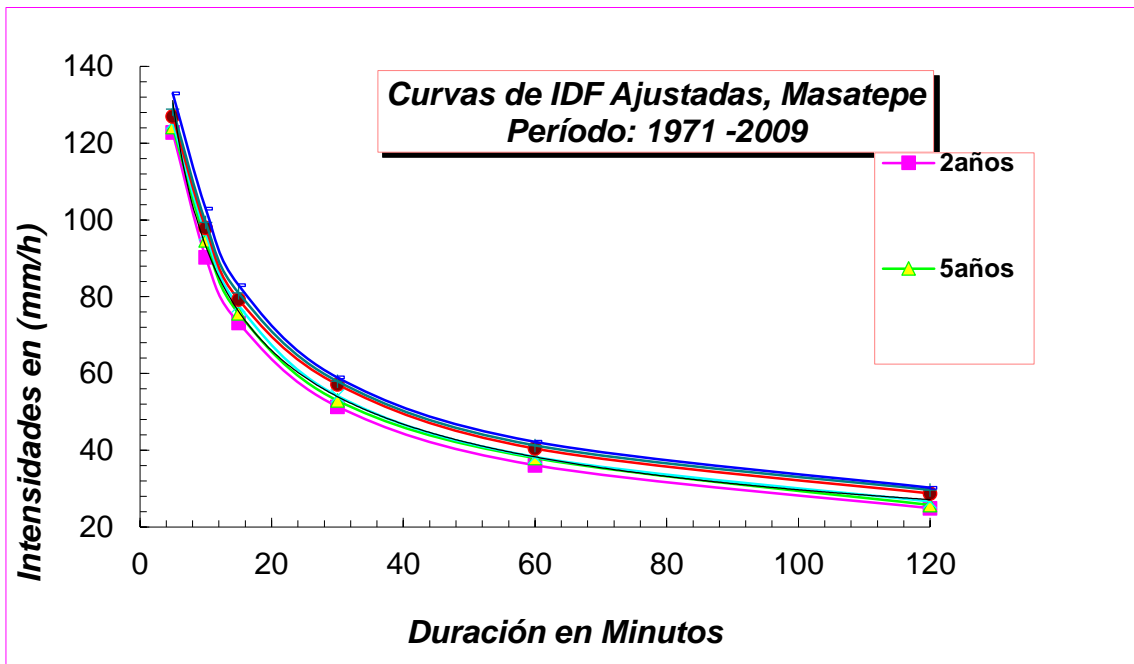
Fuente: Departamento de Drenaje Pluvial (ALMA), basado en Normas Checoslovacas

Anexo 10. Intensidades estación pluviométrica campos azules Masatepe

 INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES INETER								
INTENSIDADES MAXIMAS ANUALES DE PRECIPITACIÓN (mm).								
ESTACION : MASATEPE (Campos Azules).						Latitud : 11° 53' 59"		
CODIGO : O69 129						Longitud : 86° 08' 59"		
Periodo :1971 - 2019						Elevación : 470 msnm		
						Tipo : AG.		
AÑOS	5	10	15	30	60	120	320	720
1971	127,1	105,4	85,8	62,9	43,1	27,2	-	-
1972	127,1	105,4	85,8	62,9	43,1	27,2	-	-
1973	127,1	105,4	85,8	62,9	43,1	27,2	-	-
1974	114,0	108,0	92,0	79,0	44,0	27,5	-	-
1975	120,0	93,0	76,0	64,0	32,0	16,2	-	-
1976	130,8	93,0	66,0	40,8	36,9	25,6	-	-
1977	120,0	106,8	86,4	58,0	38,3	24,7	-	-
1978	120,0	99,0	76,4	57,4	40,7	28,1	-	-
1979	120,0	78,0	52,0	42,0	24,0	21,5	-	-
1980	144,0	114,0	100,0	62,8	49..5	28,9	-	-
1981	126,0	107,4	78,4	48,8	33,8	21,7	-	-
1982	193,2	136,2	111,2	80,8	56,2	31,1	-	-
1983	117,6	86,4	70,4	63,2	55,1	42,4	-	-
1984	120,0	92,4	81,6	57,6	32,2	29,2	-	-
1985	123,6	105,0	90,8	84,8	51,8	17,3	-	-
1986	145,2	112,8	97,2	74,2	40,3	22,3	-	-
1987	150,0	114,0	108,0	74,2	43,8	22,6	-	-
1988	174,0	116,4	79,2	58,6	30,3	24,0	4,7	2,5
1989	120,0	120,0	120,0	85,6	73,3	38,6	-	-
1990	192,0	142,2	119,2	69,2	36,0	24,0	-	-
1991	204,0	149,4	116,4	78,0	56,0	34,5	-	-
1992	219,0	153,0	139,2	95,6	87,3	52,8	-	-
1993	108,0	85,8	84,0	51,2	21,8	13,9	-	-
1994	120,0	113,4	103,6	74,2	55,0	36,7	-	-
1995	120,0	103,8	78,4	61,6	39,7	34,4	-	-
1996	174,0	125,4	93,6	54,4	41,6	24,2	-	-
1997	117,6	107,2	102,0	89,2	69,2	36,9	-	-

1998	120,0	117,6	94,4	78,2	70,5	36,3	-	-
1999	104,4	88,8	88,0	82,8	79,3	43,0	-	-
2000	146,4	120,4	114,0	63,4	41,9	22,1	-	-
2001	120,0	115,8	114,4	76,2	54,3	31,8	12,5	-
2002	121,2	99,0	76,8	52,4	44,1	31,5	12,3	-
2003	112,8	94,8	77,6	62,0	44,8	27,3	7,6	-
2004	121,2	115,2	84,8	80,8	66,1	37,9	12,7	-
2005	118,8	115,8	104,0	76,8	45,7	29,8	15,1	3,9
2006	111,6	91,8	90,4	67,2	43,7	23,3	1,9	-
2007	126,0	117,6	113,2	78,4	62,9	32,3	8,4	-
2008	112,8	110,4	88,0	69,2	56,8	45,9	18,6	-
2009	156,0	116,4	97,6	76,2	45,1	26,0	-	-
2010	188,4	116,4	98,0	68,4	38,9	15,9	8	3,7
2011	117,6	116,4	116,0	66,4	35,7	22,5	5,5	-
2012	108,0	94,8	94,4	67,8	45,0	22,7	8,6	-
2013	116,4	112,2	97,6	58,2	43,1	27,6	10,8	-
2014	172,8	127,2	102,8	66,0	51,4	40,1	7,8	-
2015	140,4	106,2	89,6	70,2	49,4	32,2	6,4	-
2016	160,8	129,6	102,4	54,0	33,3	18,1	2	-
2017	188,4	140,4	124,4	87,6	61,2	39,3	21,4	9,3
2018	127,2	126,0	113,6	61,8	46,7	31,5	16,5	-
2019	290,4	178,8	161,6	121,2	89,4	64,4	27,6	14,7
Maxim a	290,4	178,8	161,6	121,2	89,4	64,4	27,6	14,7

Anexo 11. Curva IDF estación pluviométrica Campos azules Masatepe



Anexo 12. Rol de recolección municipal

 Alcaldía Municipal de San Rafael del Sur Dirección De Servicios Municipales ROL RECOLECCION DE BASURA EN EL MUNICIPIO DE SAN RAFAEL DEL SUR					
Ruta / mañana					
LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	Sábado
Quintas Pochomil Viejo y Nuevo Masachapa, Calle central, villa kobe El acopio Luxemburgo	Masachapa- El Acopio Los Pescadores	Masachapa - Las quintas del Edgar Lopez - San Antonio	Masachapa-Quintas villa kobe carretera Barcelo Milagro de Dios	Masachapa - Barrios Pescadores Acopio Luxemburgo	Masachapa Calle Central Barrio San Antonio Edgar Lopez
La carreta del Mercado, calle central Hospital , Chorotega, Casa materna	La Carreta - Calle Central Hospital - Casa Materna	Carreta del Mercado Calle Central - Hospital Casa Materna - El salto	Carreta del Mercado Calle Central - Hospital casa materna Los chancheros - Hospital casa materna	Carreta del Mercado, calle central Entrada-Granero La Basura Instituto	Carreta del Mercado Avenida Central- Hospital Casa Materna -Chancheros
Instituto - Granero Estadio Municipal I	La Bolsa - Piedrecitas	San Cayetano - La Gallina San Jose Km.54 - Portillo	Pilas Septicas - El Pinoj La Nicarao	Entrada granero, La Basura el Instituto	Julio Buitrago (Anexos)
Ruta / Tarde					
Colonia Canada y sus Anexos	Pinol - Pilas Septicas	San Cayetano - La Gallina San Jose Km.54 - Portillo	Colonia Canada y sus Anexos	B*. Palmeras	
B*, San Pablo - B*, Chorotega El Salto - La Carreta	El Rastro - B*. Las palmeras	Julio Buitrago	La Bolsa- B*. Las Piedrecitas	San Pablo - Chorotega La Carreta san pablo El Salto	
B* Julio Buitrago y Anexos El Estadio parte II	Las Avenidas (CRUZADAS)	El Estadio - Los Hurtados	Camion Amarillo- Calles cruzadas Avenidas	Estadio - Los Hurtados	

Cro. Hugo Castro N.
Director Servicios Municipales
Alcaldia San Rafael del sur

C/c. Archivo

Anexo 13. Manual de operaciones y mantenimiento del relleno sanitario

- **CLAUSURA DEL BOTADERO ACTUAL**

Es muy importante además de un buen diseño del sistema que se ha proyectado, clausurar el botadero municipal donde se vierten actualmente los desechos sólidos, además de cualquier otro botadero que pudiera existir.

Para la clausura del actual botadero se deben realizar las siguientes acciones:

1. Debido a que actualmente la basura está dispersa, la primera acción recomendada es la de recoger todos los desechos y depositarlos en un área reducida (parte baja del terreno dispuesto).
2. Hacer del conocimiento público el cierre definitivo del botadero, anunciando la prohibición de continuar depositando desechos en el lugar, especialmente a los comerciantes que esporádicamente generan grandes cantidades de basura y contrata a un particular para trasladar los desechos.
3. Coordinar con las instituciones del Estado tales como MINSA, MARENA, entre otras, para la realización de un exterminio total de roedores, artrópodos y vectores existentes en el botadero. Este proceso incluye a viviendas aledañas al botadero, ya que estos animales al no disponer de guarida pueden emigrar a las casas vecinas.
4. Realizado el exterminio, se procede a cubrir toda el área del botadero (con una capa de tierra bien compacta (0.20 -0.30 m) y en la medida de lo posible establecer los drenajes necesarios para evitar la erosión.
5. Luego del cierre del relleno sanitario, el terreno se puede disponer como un área de protección natural (bosque protector, vivero, o área verde). En el caso de que se disponga para la siembra de árboles, se recomiendan especies apropiadas para la zona.

- **OPERACIÓN DEL RELLENO SANITARIO**

Es absolutamente necesario que el equipo encargado de la operación y mantenimiento del relleno sanitario tenga un conocimiento básico del relleno

sanitario y su entorno en términos de ecosistemas, de la secuencia de diseño y construcción de todas las obras que comprenden un relleno sanitario.

En lo posible, todas las obras de infraestructura deben estar concluidas antes del inicio de la descarga de la basura en el nuevo relleno sanitario. La basura y el material de cubrimiento deben ser descargados solo en el frente de trabajo autorizado, y a diferencia de la operación de un relleno convencional, que utiliza equipo pesado, se recomienda que los residuos no se depositen en la parte inferior del talud sino desde la parte superior de la celda ya terminada, a fin de facilitar el trabajo y poder así conformar la nueva celda.

Los siguientes son los pasos para la conformación de las primeras celdas diarias:

- Señalar en el terreno el área que ocupará la primera celda con la basura del día, de acuerdo con las dimensiones estimadas que se basan en el volumen de ingreso esperado y en el grado de compactación que se obtendrá.
- Descargar la basura en el frente de trabajo, a fin de mantener una sola y estrecha área descubierta durante la jornada y evitar el acarreo a grandes distancias.
- Esparcir la basura en capas delgadas de 0.2 a 0.30 metros y compactarla manualmente hasta obtener una altura de celda que mida entre 1 metros, procurando una pendiente suave en los taludes exteriores (por cada metro vertical se avanza horizontalmente 2 o 3 metros).
- Cubrir por completo la basura compactada con una capa de tierra de 0,1 a 0,15 metros de espesor cuando la celda haya alcanzado la altura máxima.
- Compactar la celda hasta obtener una superficie uniforme al final de la jornada. Una vez completada la primera celda, la segunda podrá ser construida de inmediato al lado o sobre la primera, siguiendo siempre el plan de construcción del relleno sanitario. En los periodos secos se recomienda que los vehículos transiten por encima de las celdas terminadas para darles una mayor compactación.

- SUPERVISIÓN

Uno de los elementos más importantes en el manejo adecuado del relleno sanitario es el jefe o supervisor, quien debe organizar, dirigir y controlar las operaciones; en este caso estará a cargo de la Dirección de Servicios Municipales de la Alcaldía. Si no existe una correcta administración y supervisión, además de los recursos económicos adecuados y un adecuado mantenimiento técnico, se corre el alto riesgo que al final el relleno sanitario se convierta en un botadero de basura a cielo abierto. Se debe procurar la motivación continua de los trabajadores y excelentes condiciones para el desempeño de su labor a fin de obtener un mayor rendimiento en el proceso de manejo y operación del RSM.

- VIGILANCIA

Se recomienda una vigilancia continua durante las 24 horas del día que ermita el éxito de la operación del relleno sanitario. El vigilante se hará cargo de:

- Controlar la entrada y salida de personas y vehículos para que no depositen los desechos en lugares que no sean los indicados.
- Mantener controlado el estado de las cercas y las barreras vivas establecidas.
- Evitar la permanencia de personas que no ejercen ninguna función dentro del relleno como también de animales como vacas, perros, etc.
- Proteger la infraestructura instalada en el relleno sanitario.

- REGISTRO

La persona a cargo del registro deberá anotar la fecha, hora de entrada, hora de salida, identificación y procedencia del vehículo, tipo de desechos y volumen transportado. Para tener una aproximación del volumen de los desechos se puede medir el ancho, largo y altura de los desechos dentro del vehículo, luego se multiplica por el peso específico de los mismos. Se trata de almacenar los datos en una memoria para su posterior análisis y utilización. Para esto dispondrá de un formato de registro proporcionado por la municipalidad, esta

labor la puede realizar la persona encargada de la vigilancia y así se evita incrementar los costos.

- **MANO DE OBRA**

El trabajo en el relleno sanitario puede ser realizado por los obreros de los cuales dispone la alcaldía, previa capacitación. Es necesario contar con un responsable o supervisor que posea los conocimientos necesarios para la operación y el control del relleno. Es importante capacitar a todos los trabajadores del servicio de aseo en las prácticas de construcción, operación y mantenimiento del relleno sanitario, así como en todo el proceso de manejo de RSM, destacando la importancia de cada actividad y el papel que deben desempeñar para lograr un buen trabajo.

- **HERRAMIENTAS DE TRABAJO**

Las herramientas utilizadas para operar un relleno sanitario manual son las siguientes: Carretillas de mano, Palas, Picos, Azadones, Barras, Pisones de madera Horquillas o rastrillos, Rodillo compactador. Para la construcción del rodillo, se recomienda llenar un barril metálico (55 galones de capacidad) con piedra, arena u hormigón, con el fin de evitar que los golpes en el terreno le abollen. Para el acarreo del material de cobertura o basura sobre las celdas ya construidas, se recomienda que en la superficie del relleno se coloquen tablones en forma lineal a fin de facilitar el desplazamiento de las carretillas, sobre todo en la época de lluvias, con lo que mejorarán los rendimientos de operación. Una vez concluidas las labores diarias, las herramientas deberán dejarse limpias y, en caso de daños, deberán ser reparadas o sustituidas a la mayor brevedad.

- **SEGURIDAD EN EL TRABAJO**

Debido al tipo de labores del servicio de aseo urbano (recolección, transporte y disposición final de basuras), los trabajadores están constantemente expuestos a accidentes en la vía pública como a enfermedades infecto-contagiosas por tener que trabajar con desechos potencialmente contaminados. Estos accidentes pueden tener dos orígenes: uno por condiciones inseguras de trabajo

y otro por negligencia por parte del propio trabajador. Por lo tanto, se deben identificar cuidadosamente todas las condiciones inseguras, así como las causas más comunes de accidentes de trabajo y riesgos a que esté expuesto el trabajador, con el objeto de darles la solución adecuada. Se indican algunas recomendaciones para tratar de minimizar los riesgos de accidentes laborales:

- Evaluar las causas de accidentes más comunes y adoptar las medidas preventivas del caso.
 - Cumplir con las normas de seguridad de trabajo correspondientes, con las respectivas indicaciones para el uso del equipo.
 - Mejorar la calidad del equipo y herramientas de trabajo.
 - Dotar a los trabajadores de guantes, botas y uniformes. Hacer una reposición periódica de estos materiales según las necesidades.
- OPERACION EN EPOCA DE LLUVIAS

En los períodos de lluvias se presentan los mayores problemas de operación en un relleno sanitario, a saber:

- Difícil ingreso de los vehículos recolectores por encima de las celdas ya conformadas y posibles atascamientos debidos a la baja densidad alcanzada con la compactación manual.
- Dificultad para extraer y transportar el material de cobertura y arduo el trabajo de conformación de las celdas. Estos factores conducen a un menor rendimiento por parte de los operarios.
- En ocasiones, debido a las fuertes lluvias, sólo es posible descargar la basura y el material de cobertura sobre la terraza, quedando retrasada la conformación y compactación de las celdas. Por consiguiente, si no se toman las medidas apropiadas a tiempo, se va deteriorando la apariencia del relleno por la basura dispersa.
- Mayor producción de lixiviado debido a la lluvia que cae directamente sobre las áreas rellenadas. Ante estas situaciones adversas se recomienda tomar las siguientes previsiones:

- Reservar algunas áreas en los lugares menos afectados por las lluvias, con accesos conservados para operar en las peores condiciones.
 - Construir una vía artificial, empleando para ello troncos de madera, conformando un "empalado o entarimado". Este camino se recomienda construirlo en módulos de 3 metros de longitud por 3 metros de ancho, siempre según las necesidades y el avance del relleno. Estos troncos deben ir unidos entre sí para evitar que se dispersen. Una vez armado el módulo, se cubre con escombros para evitar que los vehículos patinen sobre ellos. Conviene aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones, ya que con ellos se pueden conformar y mantener algunas vías provisionales en el relleno, en especial sobre las plataformas de residuos.
 - Aprovechar los escombros, producto de la demolición de viejas construcciones para conformar y mantener algunas vías internas.
 - Durante uno o más días en la semana reforzar la mano de obra, con una cuadrilla de dos o tres trabajadores más, para mantener el relleno en buenas condiciones mientras subsistan los factores adversos.
 - Programar el movimiento de tierra para los períodos secos, ya sea para la extracción del material de cobertura como para la apertura de las trincheras, dejando para la época de lluvias sólo el enterramiento de la basura.
 - Introducir como práctica de rutina en la operación del relleno, el cubrir las celdas con material plástico para impedir que las aguas de lluvia se infiltren a través de las basuras.
 - Mantener áreas estrechas de trabajo, apoyando las celdas sobre el talud del terreno, y superponer tres o más celdas cerca a la vía interna para que el avance sea más en altura que en extensión.
- VIA DE ACCESO Y CAMINO INTERNO.

La vía de acceso y el camino interno al frente de trabajo, a las redes de drenaje pluvial y a la superficie terminada del relleno deben mantenerse en adecuadas condiciones de operación. Esto permitirá retrasar el deterioro de los equipos

utilizados para la disposición, además de disminuir el tiempo de maniobra del mismo.

- **PLAYA DE DESCARGUE**

Es el lugar que une la vía interna con el sitio donde el vehículo va a depositar su carga de desechos (Frente de trabajo). Es un lugar plano, ancho y despejado donde los vehículos entran de frente, hacen un giro de 180° para depositar los desechos en las celdas. Esta operación no debe demorar más de 5 minutos. El piso de la playa de descargue debe mantenerse limpio y en muy buenas condiciones para facilitar la entrada y salida del equipo que traslada los desechos.

- **DRENAJE PERIMETRAL**

Se debe conservar en buen estado el drenaje pluvial periférico (canal en tierra y cunetas de la vía de acceso) y la superficie del relleno. Con el tiempo, estos canales se van obstruyendo por la erosión de los taludes de tierra, por el material que se arrastra en las épocas de lluvia o el disperso por el viento (papeles, plástico, etc.). En este caso se debe dar mantenimiento periódico retirando los materiales que puedan obstruir el paso del agua.

- **MATERIAL DISPERSO**

Es importante mantener limpias las áreas adyacentes al frente de trabajo diario. Cuando se dejan acumular papeles arrastrados por el viento, el relleno adquiere mal aspecto. Al término de la jornada uno de los trabajadores debe recoger todos estos materiales dispersos y depositarlos en el sitio donde se construye la celda diaria. Para esta tarea se pueden utilizar rastrillos o palos puntiagudos

- **DRENAJE LIXIVIADO**

Debido a la gran cantidad de material fino arrastrado por las aguas que percolan en el interior del relleno, los drenajes y zanjas de almacenamiento internas y externas, se van colmatando poco a poco, y se pueden obstruir con el tiempo. La remoción de este material, por ahora, es impracticable, dentro del relleno,

pero las zanjas externas sí pueden ser objeto de limpieza si se extrae todo el material fino sedimentado en ellas, para renovar su capacidad de almacenamiento y evaporación. Este material se deposita nuevamente en el relleno y puede servir para cubrir la celda diaria.

- CONTROL DE LIXIVIADOS

Bajo condiciones normales el lixiviado encontrado en el fondo de los rellenos sanitarios en algunas ocasiones tiene algún movimiento lateral. El control de estos lixiviados se puede realizar de la siguiente manera:

1. Evitar que el agua entre al relleno estableciendo drenajes perimetrales a la trinchera y mejorando las pendientes del material de cobertura a través de canales colocados en el fondo de la trinchera.
2. Impermeabilizando el fondo y las paredes de la trinchera para evitar que se infiltre en el suelo y contamine las aguas subterráneas.
3. Realizar periódicamente un muestreo de las aguas de las fuentes cercanas para conocer si existe o no contaminación y el grado de ésta.
4. Cuando se detecte humedad en el talud o brote de lixiviado en alguna terraza se recomienda socavar el sitio para la evacuación del líquido, rellenar con piedra y dirigir el lixiviado al filtro para su posterior tratamiento.

- CONTROL DE INCENDIOS

En primera instancia se recomienda que todo vehículo que ingrese al relleno posea un extintor de incendios con capacidad de operación inmediata. En el relleno no se deben quemar desechos. Ante un eventual incendio se pueden realizar lo siguiente:

- Regar tierra muy lentamente y con mucho cuidado sobre el área incendiada.
- En caso de no tener tierra disponible se pueden utilizar desechos antiguos para ahogar el incendio. Sin embargo, se debe tener mucho cuidado que los desechos utilizados no representen un mayor riesgo de incendio.

- Utilizar agua para enfriar los desechos y detener la combustión. En este caso se recomienda utilizarlo combinado con cualquiera de las dos opciones anteriores.

- CONTROL DE OLORES

La cubierta con tierra impide considerablemente el contacto de los gases productos de la biodegradación con el aire. Esta medida permite disminuir hasta un 65 % las concentraciones de los malos olores de las que se producen en un botadero abierto. Otra medida comúnmente aplicada es la aplicación de un compuesto químico de Ácido Bórico (5 kg/ha), Azufre (10 kg/ha) y Cal Agrícola (50 kg/ha sobre los desechos secos o humedecidos con lixiviados. En algunos casos se utiliza solo cal Viva con excelentes resultados.

- CONTROL DE ROEDORES, INSECTOS y OTROS ANIMALES.

La presencia de vectores es una señal de que no se está dando un manejo adecuado al relleno. No es muy recomendable el uso de productos químicos, que, aunque resuelven a corto plazo a la larga pueden provocar complicaciones debido a las reacciones que estos pueden tener y los cambios biológicos que puedan producirse. En el caso de vacas, caballos o perros, su permanencia debe evitarse de cualquier manera ya que su presencia representa dificultades en el manejo del relleno, además del peligro de transmisión de enfermedades a los humanos.

- DRENAJE DE GASES

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

- **INSTALACIONES**

La infraestructura y demás instalaciones, tales como la cerca de encerramiento del relleno, el cartel de presentación, la caseta de control, al igual que las instalaciones sanitarias, deben ser objeto de mantenimiento a fin de no menoscabar la imagen de la obra.

- **ACABADO FINAL Y ASENTAMIENTO**

La colocación de las capas de la cobertura final y la siembra de pasto en los terraplenes terminados que ya no recibirán más residuos requieren gran atención porque contribuyen al buen funcionamiento del relleno y mejoran su aspecto. Es conveniente, entonces, acelerar el proceso de siembra colocando terrones con césped al menos en 10% del área, a fin de que la obra se armonice rápidamente con el paisaje natural del entorno. Se recomienda el establecimiento de un cerco vivo alrededor del relleno y el ajardinamiento de las celdas terminadas con plantas apropiadas, disminuye también el problema de los malos olores. Se debe considerar que siempre sigue difundiendo afuera una cierta cantidad de gases del relleno, incluso si existe un sistema de drenaje e incineración. Esos gases se pueden absorber parcialmente por plantas, lo que mejora la atmósfera de trabajo tanto para los obreros del relleno como para los habitantes de las comunidades aledañas al mismo. Como ya se sabe, con el transcurso del tiempo, los RSM se descomponen (parte se transforma en gas y parte en líquido), por lo que la tierra de cubrimiento y la humedad penetran en los espacios vacíos del relleno, asentándolo. Después de dos años, el asentamiento se reduce mucho y prácticamente desaparece a los cinco años. Como este no es uniforme, se producen depresiones en la superficie de la obra, donde se acumula el agua de las lluvias; en consecuencia, se debe mantener nivelada toda la superficie del terreno y contar con buen drenaje que tenga una pendiente de 2 a 3%. La administración municipal o la del relleno debe velar para que una vez concluida su vida útil se le dé el acabado final y el mantenimiento necesarios, con el objeto de que el terreno sea disfrutado por la comunidad, tal y como fue previsto al inicio del proyecto. De no ser así, la población se verá afectada y es probable que después rechace la construcción de nuevos rellenos, lo que obligaría a hacerlos

en zonas bastante alejadas. Así, aumentarán los costos de transporte y del servicio de limpieza. Al terminar la vida útil de un relleno sanitario, se debe colocar un nuevo cartel o letrero que informe a toda la población vecina y a los transeúntes que aquel se encuentra fuera de servicio. Pasado un tiempo prudencial en el que se haya conseguido su estabilización y se lo haya acondicionado como área recreativa o zona verde, se recomienda destacar que las nuevas obras están construidas sobre un relleno sanitario ya clausurado.

Anexo 14. Fórmulas utilizadas

- Proyección Geométrica de la Población:

$$P_F = P_0(1 + r)^n$$

Donde:

P_F = Población Futura.

P_0 = Población Actual.

r = Tasa de Crecimiento de la Población.

$n = (t_{final} - t_{inicial})$ Intervalo en años.

t = Variable tiempo en años.

- Producción Per cápita:

$$P_{CPC} = Pp_{C_0}(1 + r)^n$$

Donde:

P_{CPC} = Producción por habitante por día.

Pp_{C_0} = Producción Per cápita Inicial (año 2009).

r = Tasa de Crecimiento de la Producción Per cápita.

n = Intervalo en años.

- Desechos Sólidos diarios

$$D_{sd} = Poblacion \times ppc$$

Donde:

D_{sd} = Cantidad de RSM producidos por día ($kg/día$).

ppc = Producción Per cápita.

- Desechos Sólidos Recolectados:

$$D_{sr} = D_{sd} \times cob$$

Donde:

D_{sr} = Desechos Sólidos Recolectados.

D_{sd} = Cantidad de RSM producidos por día ($kg/día$).

cob = Cobertura del Servicio de Recolección.

- Volumen de la Zanja:

$$V_z = \frac{t \times Dsr \times M.C.}{Drsm}$$

Donde:

V_z = Volumen de la Zanja (m^3).

t = Tiempo de vida útil (días).

Dsr = Cantidad de RSM recolectados (kg/dia).

$M.C.$ = Material de Cobertura (20-25% del Volumen Compactado).

$Drsm$ = Densidad de los RSM en el relleno (kg/m^3)

- Dimensiones de la Zanja:

$$L = \frac{V_z}{a \times h_z}$$

Donde:

L = Largo o Longitud de la Zanja (m).

V_z = Volumen de la Zanja (m^3).

a = Ancho (m).

h_z = Profundidad (m).

- Tiempo de la maquinaria:

$$T_{exc} = \frac{V_z}{R \times J}$$

Donde:

T_{exc} = Tiempo de la maquinaria para la excavación de la Zanja (días).

V_z = Volumen de la Zanja (m^3).

R = Rendimiento de excavación del equipo pesado ($m^3/hora$).

J = Jornada de trabajo diario (*horas/día*)

- Volumen de la celda diaria:

$$V_c = \frac{D_{sr}}{D_{rsm}} \times M.C.$$

Donde:

V_c = Volumen de la celda diaria (m^3).

D_{sr} = Densidad de los RSM recién compactados en el relleno sanitario manual, $400 \text{ kg}/m^3$ y $500 \text{ kg}/m^3$.

$M.C.$ = Material de cobertura (20-25%)

- Sección Horizontal:

$$S = \frac{V_{uf}}{h}$$

Donde:

S = Sección Horizontal (m^2).

h = Profundidad útil del filtro (m).

Cálculo del Volumen necesario para el Relleno Sanitario:

- Volumen de Residuos Sólidos:

$$V_{diario} = \frac{DS_p}{D_{rsm}}$$

Donde:

V_{diario} = Volumen de RSM por disponer en un día (m^3/dia).

DS_p = Cantidad de RSM en un año ($m^3/año$).

D_{rsm} = Densidad de los RSM recién compactados ($400 kg/m^3$ y $500 kg/m^3$) y del relleno estabilizado ($500 kg/m^3$ y $600 kg/m^3$).

- Volumen Anual Compactado:

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

Donde:

V_{diario} = Volumen de RSM por disponer en un día (m^3/dia).

365 = Equivalente a un año (días).

- Volumen del material de cobertura:

$$M.C. = V_{anual compactado} \times (0.20 \text{ o } 0.25)$$

Donde:

$M.C.$ = Material de Cobertura equivalente al 20% o al 25% del volumen de los desechos sólidos recién compactados.

- Volumen del Relleno Sanitario:

$$V_{RS} = V_{anual estabilizado} + M.C.$$

Donde:

V_{RS} = Volumen del Relleno Sanitario ($m^3/año$).

M.C. = Material del Cobertura (20 a 25% del volumen recién compactado de RSM)

Cálculo de Área Requerida:

- Área del Relleno Sanitario:

$$A_{RS} = \frac{V_{RS}}{h_{RS}}$$

Donde:

V_{RS} = Volumen del Relleno Sanitario ($m^3/año$).

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

h_{RS} = Altura o Profundidad media del relleno sanitario (m).

- Área total requerida:

$$A_T = F \times A_{RS}$$

Donde:

A_T = Área total requerida (m^2).

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

Cálculo de la Celda Diaria:

- Cantidad de RSM que se debe disponer:

$$DS_{rs} = DS_p \times (7/d_{habiles})$$

Donde:

DS_{rs} = Cantidad media diaria de RSM en el Relleno Sanitario (kg/dia).

DS_p = Cantidad de RSM producidos por día (kg/dia)¹⁰.

d_{hab} = Días hábiles o laborables en una semana (normalmente días hábiles= 5 o 6 días, y aún menos en los municipios más pequeños).

- Dimensiones de la celda diaria:

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

Donde:

A_c = Área de la Celda (m^2/dia).

h_c = Altura de la Celda (m).

- Largo o avance de la celda:

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

Donde:

a = Ancho que se fija de acuerdo con el frente de trabajo necesario para la descarga de la basura por los vehículos recolectores.

Generación de lixiviado y tratamiento primario:

- Caudal de lixiviado por el Método Simplificado:

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

Donde:

Q = Caudal medio de lixiviado o líquido percolado.

P = Precipitación media anual ($mm/año$).

A = Área Superficial del Relleno (m^2).

t = Numero de Segundos en un año ($31,536,000 \text{ seg/año}$).

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

- Volumen útil destinado para el almacenamiento de sólidos:

$$V_1 = \frac{\left[\left(\frac{SST \times Q \times 0.7 \times (1 - SSV)}{0.04} \right) \times T_r \right]}{10^9}$$

Donde:

SST = Sólidos Suspendidos totales (mg/lts).

SSV = Sólidos Suspendidos Volátiles (mg/lts).

T_r = Tiempo de Residencia de los Sólidos.

Q = Caudal de diseño.

10^9 = Factor de Conversión.

- Volumen útil o total de la fosa:

$$V_u = Q \times TRH \times V_1$$

Donde:

V_u = Volumen útil total de la fosa séptica (m^3).

TRH = Tiempo de Retención Hidráulica (0.72 días).

Dimensionamiento del Filtro Anaerobio:

- Volumen útil del Filtro Anaerobio:

$$V_{uf} = 1.6 \times Q \times TRH$$

Donde:

V_{uf} = Volumen útil del Filtro Anaerobio (m^3).

- Longitud total del tanque Séptico:

$$L = \frac{\text{Volumen}}{b \times h}$$

- Cálculo de las Cámaras:

$$1era_{camara} \rightarrow P_c = \frac{2}{3}L$$

$$2da_{camara} \rightarrow S_c = \frac{1}{3}L$$

- Velocidad de sedimentación de partículas reactores del primer periodo:

Tamaño mínimo de partículas a remover = 0.1mm

$$V_0 = 8 \text{ mm/seg} = 0.008 \text{ m/seg}$$

- Pozos Requeridos:

$$\text{Pozos Requeridos} = \frac{\text{Area Requerida}}{\text{Area de Absorcion}}$$

Anexo 15. Planos