



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
Facultad de Tecnología de la Construcción

Monografía

**Diseño del Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos
Sólidos Urbanos del Municipio de Yalagüina.**

PIGARS (2017-2037).

Para optar al título profesional de Ingeniero Civil

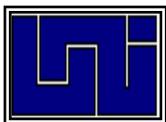
Elaborado por

Br. César Augusto Palma Gutiérrez
Br. Carlos Alberto Sánchez Meneses

Tutor

MSc. Ing. Henry Javier Vílchez Pérez

Managua, Septiembre 2017



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION**

Managua, 14 de agosto del 2017

Dr. Oscar Gutiérrez.
Decano de FTC.
Su despacho.

Estimado Dr. Gutiérrez:

Me dirijo a Usted para informarle que he revisado y seguido detalladamente el Trabajo Monográfico titulado "Diseño del Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Yalagüina PIGARS (2017-2037)", realizado por los bachilleres Br. César Augusto Palma Gutiérrez y Br. Carlos Alberto Sánchez Meneses, para optar al título de Ingeniero Civil.

Considero que el trabajo ha sido concluido y cumple con todos los aspectos técnicos propios del estudio que se habían planteado y por tanto puede ser pre defendido ante el Tribunal o Jurado calificador.

Sin otro particular a que referirme, le saludo.

Atentamente.

**MSc. Ing. Henry J. Vilchez
Tutor.**

Programa de Investigación, Estudios Nacionales y
Servicios Ambientales, PIENSA
Universidad Nacional de Ingeniería, UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DECANATURA

DEC-FTC-REF-No.0115
Managua, Octubre 18 del 2016

Bachilleres
CÉSAR AUGUSTO PALMA GUTIÉRREZ
CARLOS ALBERTO SÁNCHEZ MENESES
Su atención

Estimados Bachilleres:

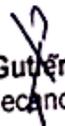
Es de mi agrado informarles que el PROTOCOLO de su Tema MONOGRAFICO, titulado "DISEÑO DEL PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN AMBIENTAL DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE YALAGUINA". Ha sido aprobado por esta Decanatura.

Asimismo les comunico estar totalmente de acuerdo, que el Ing Henry Vilchez, sea el tutor de su trabajo final.

La fecha límite, para que presenten concluido su documento, debidamente revisado por el tutor guía será el **18 de Abril del 2017**.

Esperando puntualidad en la entrega de la Tesis, me despido.

Atentamente,


Dr. Ing. Oscar Gutiérrez Somarriba
Decano



CC: Protocolo
Tutor
Archivo*Consecutivo
IJGG*Dara

Dedicatoria.

A Dios, sobre todas las cosas, por concederme serenidad para aceptar las cosas que no puedo cambiar, valor para cambiar las que puedo y sabiduría para conocer la diferencia.

A mi familia, por brindarme su apoyo incondicional en todo momento, en especial a mi madre Nohelia Gutiérrez, por su ejemplo de lucha por la vida y por los valores inculcados en mi persona, gracias a su sacrificio he llegado hasta aquí.

A mis dos hermosas hijas Bryana y Nahomy, por ser el motor que impulsa mi vida.

A mis amistades Marta Adriana (q.e.p.d.), Rosario Martínez (q.e.p.d.) y Nicole K. por su apoyo económico y emocional. A Carlos Fuentes por siempre creer en mí y enseñarme qué si se puede lograr todo lo que se propone.

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

CESAR AUGUSTO PALMA GUTIERREZ

Dedicatoria

Este trabajo investigativo está dedicado:

A Dios, por sus bendiciones, por la salud, su infinito amor y misericordia que me permitió seguir adelante hasta alcanzar cada una de mis metas.

A mí padre Miguel Ángel Sanchez Reyes (Q.E.P.D) y a mí madre Luz Marina Meneses Borge, que con amor y sacrificio me apoyaron todo el tiempo y han sido mi motivación principal para poder alcanzar la culminación de este proyecto académico.

A mis hermanos y familiares.

A los maestros, que con paciencia y dedicación nos transmitieron el conocimiento durante nuestro ciclo académico.

A nuestros compañeros de estudio, que durante el curso de la carrera se convirtieron en nuestra familia y que siempre sirvieron de apoyo mutuo para poder avanzar día a día en el camino del éxito.

CARLOS ALBERTO SANCHEZ MENESES

Agradecimientos

Agradecimiento a Dios nuestro Padre, que nos dio la sabiduría y nos iluminó durante nuestra formación educativa hasta poder alcanzar la culminación de nuestra carrera profesional.

Agradecemos especialmente a nuestro tutor Msc. Ing. Henry Vélchez por dedicar su tiempo de guiarnos y brindarnos sus conocimientos de manera paciente y dedicada en la elaboración de nuestro trabajo.

A la Alcaldía Municipal de Yalagüina, por brindarnos su apoyo y estar a nuestra disposición durante la investigación realizada.

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

*CESAR AUGUSTO PALMA GUTIERREZ
CARLOS ALBERTO SANCHEZ MENESES*

Resumen

El Plan de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos del municipio de Yalagüina (PIGARS), se formuló de acuerdo a la realidad socio-económica del municipio, como herramienta para mejorar la calidad en la gestión del servicio de limpieza, recolección, y disposición final de tal manera que se mejorarán las condiciones higiénico-sanitarias del municipio.

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, de tal manera que con la implementación del (PIGARS) Yalagüina, se podrán mejorar las condiciones sanitarias del municipio.

El PIGARS - Yalagüina, cuenta cinco lineamientos estratégicos, orientados a la implementación efectiva y al cumplimiento de los objetivos propuestos, como herramienta para mejorar la calidad en la prestación del servicio de limpieza y recolección, y por consiguiente, las condiciones ambientales de la ciudad.

Entre los principales hallazgos de la caracterización de residuos sólidos; la producción per cápita es de 0.57 (Kg/hab/día), una composición física en su mayoría constituida de materia orgánica (49.77%), una densidad promedio de 226.06 kg/m³).

Para la disposición final se contará con un sitio de disposición final de desechos sólidos y sub productos, ubicado a 1.5 Km del centro de la ciudad, con una extensión de dos hectáreas por lo que el área requerida para la implementación del relleno sanitario es de 1.65 hectáreas, se cumple de esta manera con los requerimientos técnicos y ambientales propios de este tipo de proyecto.

Palabras claves: lixiviado, residuos sólidos, área requerida, densidad, composición física.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. OBJETIVOS	5
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
V. MARCO TEÓRICO	6
5.1. Residuos Solidos	6
5.2. Clasificación de los Residuos Solidos	6
5.2.1. Clasificación por tipo de manejo	6
5.3. Factores que afectan las tasas de generación de los desechos	8
5.3.1. La reducción en origen y las actividades de reciclaje	8
5.3.2. Las actitudes públicas y la legislación	8
5.3.3. Los factores físicos y geográficos	9
5.4. Métodos comunes para estimar la cantidad de desechos sólidos	10
5.5. Importancia de la obtención de datos de la caracterización de los desechos sólidos	10
5.6. Composición de los desechos sólidos	11
5.7. Densidad de los desechos sólidos	12
5.8. Propiedades y/o características	13
5.9. Gestión del servicio de aseo publico	15
5.10. Sistema de disposición final inadecuado	17
5.11. Botadero a cielo abierto	19
5.12. Relleno Sanitario	20
5.12.1. Relleno sanitario semi mecanizado	20
5.12.2. Métodos constructivos de un relleno sanitario	21
5.12.3. Elementos principales de un relleno sanitario	24
5.12.4. Reacciones que ocurren en un relleno sanitario	26
5.12.5. Canales ciegos	29
5.12.6. Operación	32
5.12.7. Ventajas y riesgo de un relleno sanitario	39

5.13.	Plan de manejo integral de residuos solidos	41
VI.	METODOLOGIA	43
6.1.	Tipo de estudio	43
6.2.	Materiales y métodos	43
6.3.	Procedimiento utilizado para realizar el estudio	44
6.3.1.	Universo del estudio	45
6.3.2.	Selección y tamaño de la muestra	45
6.3.3.	Variables e indicadores del estudio	46
6.4.	Justificación técnica de las metodologías seleccionada	48
6.5.	Elaboración del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos de Yalagüina	49
6.5.1.	Paso No.1: Organización Local para el desarrollo de un PIGARS	50
6.5.2.	Paso No. 2: Diagnóstico situacional sobre la gestión de residuos sólidos y validación del mismo	53
	Paso No. 3: Establecimiento de los objetivos y alcances del PIGARS	66
	Paso No. 4: Definición de lineamientos estratégicos	66
	Paso No. 5: Formulación del plan de acción del PIGARS	66
6.6.	Disposición final de los residuos sólidos y sub-productos	68
6.6.1.	Evaluación de sitios	68
6.6.2.	Investigaciones Hidrogeológicas	74
6.6.3.	Estudio de suelo	74
6.6.4.	Estudio topográfico	75
6.6.5.	Cálculo de los volúmenes de los desechos sólidos y área requerida para el relleno sanitario	76
6.6.6.	El método simplificado para estimación de líquidos percolados	79
6.6.7.	Diseño de tratamiento de lixiviado	80
VII.	RESULTADOS	85
7.1.	Paso N°1. Organización Local para el desarrollo de un PIGARS	85
7.2.	Paso N°2. Diagnostico Situacional sobre la Gestión de Residuos Sólidos ...	87
7.2.1.	Aspectos gerenciales, administrativos y financieros	88
7.2.2.	Aspectos técnicos operativos del servicio	97
7.2.3.	Evaluación del manejo actual de los residuos sólidos	104
7.3.	Paso No. 3: Establecimiento de los objetivos y alcances del PIGARS	120

7.4. Paso No. 4: Definición de lineamientos estratégicos	122
7.4.1. Periodo de planificación.....	123
7.4.2. Actores sociales involucrados en la ejecución del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos.....	123
7.5. Paso No. 5: Formulación del plan de acción del PIGARS	125
7.5.1. Estrategia de implementación del PIGARS.....	143
7.5.2. Evaluación, control y seguimiento del Plan de Acción	145
7.6. Disposición final de los residuos sólidos y sub productos	146
7.6.1. Evaluación de sitio.....	146
7.6.2. Descripción de los resultados de la evaluación del sitio de disposición final de los desechos sólidos.....	147
7.6.3. Estudio de suelo	147
7.6.4. Cálculo de los volúmenes de los desechos sólidos y área requerida para el relleno sanitario.....	150
7.6.5. Dimensionamiento de trincheras.....	153
7.6.6. Drenaje pluvial externo	155
7.6.7. Drenaje de gases	157
7.6.8. Drenaje y disposición de líquido percolado.....	157
7.6.9. Diseño del sistema de tratamiento de los lixiviados producidos.....	157
VIII. CONCLUSIONES	165
IX. BIBLIOGRAFÍA	169
X. ANEXOS.....	171

Índice de gráficos

Gráfico 1.- Recaudación de recolección de residuos sólidos (Hasta septiembre).....	91
Gráfico 2.- Valores de PPC por día de muestreo	97
Gráfico 3.- Opinión de los encuestados sobre el manejo de los residuos sólidos por parte de la Alcaldía	118
Gráfico 4.- Capacidad de pago mensual por la prestación del servicio de recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos	119
Gráfico 5.- Tratamiento de los residuos en los sitios encuestados	120

Índice de Tablas

Tabla 1.- Contenido de humedad por componente	15
Tabla 2.- Enfermedades relacionadas con RSM transmitidas por vectores	18
Tabla 3.- Control de operaciones.....	35
Tabla 4.- Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario.....	39
Tabla 5.- Distribución de la muestra	45
Tabla 6.- Número de muestras por población y vivienda	46
Tabla 7.- Variables, indicadores, técnicas e instrumentos en estudio	47
Tabla 8.- Propuesta de PIGARS – Yalaguina	67
Tabla 9.- Aspectos e indicadores, evaluación socio-ambiental y natural.....	71
Tabla 10.- Asignación estándar de puntos para la evaluación ambiental	73
Tabla 11.- Datos básicos de diseño para estimar volúmenes	76
Tabla 12.- Calculo de los volúmenes de los desechos sólidos y áreas requeridas para el relleno sanitario.....	77
Tabla 13.- Valores que toma el coeficiente k	79
Tabla 14.- Caracterización química de los desechos líquidos.....	80
Tabla 15.- Principales actores en el PIGARS.....	85
Tabla 16.- Mapeo de actores de Yalagüina	86
Tabla 17.- Tarifas de cobro del servicio de recolección	90
Tabla 18.- Recaudación del año 2016, hasta el mes de septiembre	90
Tabla 19.- Análisis FODA	92
Tabla 20.- Valores comparativos de PPC en diferentes centros urbanos del País....	98
Tabla 21.- Composición física de los residuos sólidos	100
Tabla 22.- Porcentaje de los componentes físicos en diferentes zonas del país.....	101
Tabla 23.- Densidad suelta	102
Tabla 24.- Densidad suelta municipales en Nicaragua	103
Tabla 25.- Resultados de medición de macro y microruteo.....	110
Tabla 26.- Comparación de los datos de macro y microruteo obtenidos con otras ciudades	113
Tabla 27.- Acciones enfocadas al fortalecimiento de la gestión institucional.....	126
Tabla 28.- Acciones enfocadas al fortalecimiento del marco legal	132
Tabla 29.- Acciones enfocadas a la capacitación y asistencia técnica.....	138

Tabla 30.- Acciones enfocadas a la educación ambiental y participación ciudadana	141
Tabla 31.- Evaluación del sitio	146
Tabla 32.- Proyección de población y generación de residuos	151
Tabla 33.- Determinación de áreas y volúmenes requeridos	152
Tabla 34.- Cálculo de los caudales de drenaje pluvial	155
Tabla 35.- Cálculo y diseño de los canales perimetrales de cada trinchera para el drenaje pluvial.....	156
Tabla 36.- Diseño de canales secundarios	156
Tabla 37.- Tabla de dimensiones de tanques sépticos del primer período	161
Tabla 38.- Tabla de Dimensiones del FAFA del primer período	161

Índice de ilustraciones

Ilustración 1.- Equipo para Relleno Sanitario Semimecanizado.....	21
Ilustración 2.- Método de Trinchera	22
Ilustración 3.- Método de Área	23
Ilustración 4.- Método combinado.....	24
Ilustración 5.- Vectores del Botadero a cielo abierto.....	34
Ilustración 7.- Carretilla de llanta neumática	36
Ilustración 8.- Herramientas de trabajo.....	37
Ilustración 9.- Barril de 55 galones acondicionado como rodillo compactador	38
Ilustración 10.- Movimiento de tierra y conformación de la celda primaria	39
Ilustración 11.- Macro y micro localización	54
Ilustración 12.- Método de Cuarteo	64
Ilustración 13.- Diferentes tipos de recipientes de almacenamiento temporal usados en la municipalidad.....	105
Ilustración 14.- Cajas utilizadas para el almacenamiento de agujas y jeringas en el centro de salud	106
Ilustración 15.- Unidad de recolección y cuadrilla durante el recorrido	108
Ilustración 16.- Acumulación de residuos sólidos domiciliarios y de jardinería	110
Ilustración 17.- Condiciones del botadero.....	114
Ilustración 18.- Desechos dispersos en áreas del sitio de disposición final	115
Ilustración 19.- Levantamiento de barriles repletos de basura por parte de los operarios.....	116
Ilustración 20.- Condiciones de trabajo de los operarios de recolección.....	117
Ilustración 21.- Isométrico del sistema de tratamiento primario y secundario de los lixiviados del relleno sanitario de Yalagüina	162

LISTA DE ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ACL: América Latina y El Caribe

AME: Alcaldía Municipal de Estelí, Nicaragua

AMUDES: Asociación de Municipios del Departamento de Estelí, Nicaragua

AMUNIC: Asociación de Municipios de Nicaragua

BCN: Banco Central de Nicaragua.

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

CAM: Comisión Ambiental Municipal, Nicaragua

CCAD: Comisión Centro Americana de Ambiente y Desarrollo

CDI: Centro de Desarrollo Infantil.

CEPIS: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

CONAM: Consejo Nacional del Ambiente, Perú.

DS: Desecho sólido

Hab/año: Habitantes al año.

Hab: Habitantes.

INIDE: Instituto Nacional de Información de Desarrollo.

INIFOM: Instituto Nicaragüense de Fomento Municipal.

Kg/día: Kilogramos al día.

Kg/hab/día: Kilogramos por habitante por día.

Kg/m³: Kilogramos por metro cúbico.

Kg/pac/día: Kilogramos por paciente por día.

Kg: Kilogramo(s).

Km: Kilómetro(s).

m: metro

m²: Metros cuadrados.

m³: Metros cúbicos.

MARENA: Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, Nicaragua

MINED: Ministerio de Educación, Nicaragua

MINSA: Ministerio de Salud, Nicaragua

mm: Milímetro(s).

MSNM: metros sobre el nivel del mar.

NTOM: Norma Técnica Ambiental

OIT: Organización Internacional del Trabajo.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

ONG: Organismo No Gubernamental.

OPS: Organización Panamericana de la Salud.

PIGARS: Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos

PPC: Producción per cápita.

PROARCA: Programa Ambiental Regional para Centroamérica.

PROFIM: Proyecto de Fortalecimiento y Desarrollo de los Municipios de Nicaragua

RSM: Residuos sólidos municipales.

RSU/RSM: Residuos Sólidos Urbanos / Residuos Sólidos Municipales

SISCAT: Sistema de Catastro Municipal, Nicaragua

T/año: Toneladas al año.

T/día: Toneladas al día.

T: Tonelada(s).

I. INTRODUCCIÓN

El acelerado y desordenado proceso de urbanización en el municipio de Yalagüina ha traído consigo una serie de problemas ambientales, como la contaminación del aire, de los recursos hídricos y del suelo urbano; de igual forma afecciones a la salud de la población, en especial de los más pobres; con la creciente producción de residuos sólidos, líquidos, entre otros; que en general se concretan en una progresiva y vertiginosa degradación del ambiente del municipio y sus áreas de influencia.

Los problemas ocasionados por el inadecuado manejo de los residuos sólidos en el municipio de Yalagüina, están afectando, tanto al casco urbano como a las comunidades, que se encuentran cercanas de las que podemos mencionar: Cerro grande, La esperanza, El Chagüite y Cofradía. En dicha municipalidad el poco conocimiento y experiencia sobre el manejo del servicio de aseo urbano, es una evidencia de la falta de criterios técnicos, económicos y sociales, que han ocasionado que este servicio carezca de una adecuada planificación y organización, lo cual se ha traducido en altos costos de funcionamiento que la misma municipalidad ha tenido que subsidiar consumiendo buena parte de su presupuesto.

Dado que la comuna no tiene capacidad de recolectar todos los desechos del municipio y la disposición final de los mismos se realiza en un botadero a cielo abierto ubicado a 1.5 km del casco urbano.

En síntesis, la municipalidad no cuenta con un servicio adecuado para la recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos. La investigación contiene una propuesta para el diseño del Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos (PIGARS) que se generan en el casco urbano del municipio de Yalagüina.

Por consiguiente, se elaboró un diagnóstico de residuos sólidos enfocado a la problemática de la producción, recolección, transporte y disposición final de los

desechos sólidos y líquidos del municipio, así como una evaluación de impacto ambiental que se generará producto de las actividades de disposición final.

II. ANTECEDENTES

Al finalizar la década de 1990 e iniciar el presente siglo, el tema de la gestión de los residuos sólidos ha ido ganando un lugar relevante en la agenda nacional de Nicaragua, lo cual se ha expresado en la Estrategia Nacional de Desarrollo Sostenible 1996-2001 (ECODESNIC), mediante el planteamiento de consideraciones de política respecto al sector de residuos sólidos, el mejoramiento de los sistemas de recolección y disposición de basuras y la implementación de sistemas de tratamiento de residuos sólidos en los procesos productivos, dando prioridad a aquellos orientados al reciclaje, en dicha estrategia, se reconoce además, la importancia del mejoramiento de la capacidad institucional para el manejo de residuos peligrosos y de la educación ambiental en todos los niveles. A su vez, el manejo de los residuos quedó incorporado en la agenda del Plan de Acción Ambiental de Nicaragua (PAANIC) para el quinquenio 2001-2005.

En el año 2007 se hicieron los primeros acercamientos de la municipalidad con la Universidad Nacional de Ingeniería, por las preocupaciones del manejo de los residuos domiciliarios y sub-productos, pero no se realizó por falta de coordinación de las dos organizaciones, siendo este el único antecedente que se ha tenido a la problemática en estudio.

III. JUSTIFICACIÓN

La importancia en la cual se fundamenta el diseño de un plan de gestión integral para el manejo de los residuos sólidos en el municipio de Yalagüina, se presenta a continuación:

- Es necesario el mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias de la población urbana del municipio, mediante el diseño de un Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos, que permita, además, mejorar la calidad del servicio público de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos en el municipio.
- La mala disposición final de los residuos sólidos del municipio de Yalagüina sobrellevó a la generación del botadero a cielo abierto teniendo las siguientes problemáticas ambientales:
 - Contaminación del suelo y aguas subterráneas.
 - 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 aplicación eficiente de un plan integral de gestión ambiental para los residuos sólidos en el municipio, es importante para producir un efecto sinérgico positivo manifestado en, mejoras de: la imagen de la ciudad (estética), la calidad ambiental del área de disposición final de los residuos sólidos, la optimización de los recursos económicos y humanos de la municipalidad destinados a la prestación del servicio, y principalmente en el

mejoramiento de la salud pública de la población en general.

La realización de esta investigación, se ubica dentro de la prioridad número 5 definida en el plan de acción contenido en la **Política Nacional sobre Gestión Integral de los Residuos Sólidos Peligrosos y No Peligrosos de Nicaragua (2004 – 2023)**.

Los beneficios de la implantación del PIGARS - Yalagüina 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.

IV. OBJETIVOS

Objetivo general

- Diseñar el Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos del municipio de Yalagüina.

Objetivos específicos

1. Caracterizar los residuos sólidos domiciliarios generados en el municipio, 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 técnicos y operativos, ligados al servicio de recolección, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos del Municipio.
3. Proponer un plan de acción orientado a garantizar una gestión adecuada, eficaz y eficiente de los residuos sólidos generados en el área urbana del Municipio; a fin de prevenir y reducir los riesgos para la salud pública y el ambiente.
4. Realizar la gestión del riesgo en la implementación del sitio de disposición final de los desechos sólidos y sub productos.
5. Realizar propuesta de disposición final de desechos sólidos y sub productos.
6. Mejorar las condiciones higiénico-sanitarias de la población urbana del municipio de Yalagüina a través de una gestión adecuada, eficaz y eficiente de los volúmenes de residuos sólidos que se generan a diario.

V. MARCO TEÓRICO

El presente marco de referencia estará sustentado en los residuos sólidos domiciliarios y sub productos de acuerdo a la Norma Técnica Ambiental para el Manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no-peligrosos (NTON 05014-01).

5.1. Residuos Solidos

Material que no representa una utilidad o un valor económico para el dueño, el dueño se convierte por ende en generador de residuos. Desde el punto de vista legislativo lo más complicado respecto a la gestión de residuos, es que se trata intrínsecamente de un término subjetivo, que depende del punto de vista de los actores involucrados (esencialmente generador y fiscalizador).

5.2. Clasificación de los Residuos Solidos

Un residuo es definido por estado según el estado físico en que se encuentre. 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.

En general un residuo también puede ser caracterizado por sus características de composición y generación.

5.2.1. Clasificación por tipo de manejo

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

Desde este punto de vista se pueden definir tres grandes grupos:

a) Residuo peligroso: La contaminación producida por la generación de residuos peligrosos industriales y domésticos constituye la debilidad de una civilización que ha promovido el crecimiento económico y la industrialización como prototipos de la modernización y del progreso económico. Este mal llamado desarrollo se ha realizado a costa de la extracción y destrucción acelerada de ecosistemas y recursos naturales, con una gran ineficiencia energética, y con el uso excesivo de materiales peligrosos y sustancias tóxicas en procesos productivos que generan consecuentemente un enorme volumen de residuos peligrosos.

Un 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.

b) Residuo inerte: Por residuo inerte se entiende el 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 ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes en el caso de un residuo inerte. Ejemplos de residuos que con carácter general pueden

considerarse inertes son: escombros, tierras, ladrillos refractarios y la chatarra.

- c) Residuo no peligroso:** De acuerdo a la NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE PARA EL MANEJO Y ELIMINACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS PELIGROSOS, todos aquellos desechos o combinación de desechos 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. **(NTON 05 013-01).**

5.3. Factores que afectan las tasas de generación de los desechos

Los factores que afectan las tasas de generación de desechos sólidos son:

5.3.1. La reducción en origen y las actividades de reciclaje

Reducción en el origen: La reducción de desechos puede realizarse a través de diseños de, fabricación y embalaje de productos con un contenido toxico mínimo, volumen mínimo del material y una vida útil más larga. La reducción de desechos también puede realizarse en la casa o en las instalaciones comerciales e industriales mediante formas de compra selectiva y reutilización de productos y materiales.

Extensión del reciclaje: La existencia de programas de reciclaje dentro de una comunidad afecta definitivamente a las cantidades de desechos recolectados para su procesamiento adicional o evacuación.

5.3.2. Las actitudes públicas y la legislación

Actitudes públicas: Últimamente, se producen reducciones importantes en las cantidades generadas de desechos sólidos, cuando la gente está dispuesta a cambiar su propia voluntad sus hábitos y estilos de vida para conservar los recursos naturales y para reducir las cargas económicas asociadas a la gestión de

desechos sólidos. Un programa de educación continuo es esencial para conseguir un cambio en las actitudes públicas.

Legislación: quizás el factor más importante que influye en la generación de desechos es la existencia de normativas locales y estatales que tratan del uso específico de materiales.

5.3.3. Los factores físicos y geográficos

Los factores físicos y geográficos que afectan las cantidades de desechos generados y recolectados incluyen: localización, temporada del año, uso de trituradoras doméstico de cocina, frecuencia de recolección de desechos y características de la zona de servicio.

Una manera de reducir la cantidad de desechos sólidos que tienen que ser evacuados sería la disminución de las materias primas e incrementar la tasa de recuperación y reutilización de materiales. Sin embargo, esto no es práctico en las sociedades actuales y solo se hace parcialmente. La generación de desechos sólidos está en función de la población, la producción per-cápita y la composición físico-Química.

Las medidas para cuantificar las cantidades de desechos producidos se expresan en términos de volumen y peso. En términos de volumen es menos expresado por que está relacionado con el grado de compactación o con el peso específico de los desechos sólidos bajo sus condiciones de almacenamiento y sus mediciones son pocas precisas. Mientras que el peso es la única base exacta para los registros de los datos, debido a que se pueden medir directamente en tonelajes, independientemente del grado de compactación. También son útiles los registros en peso en el transporte de los desechos sólidos, ya que la cantidad que puede ser transportada, generalmente está restringida por los límites de peso de los ejes del vehículo y en las carreteras. Por otra parte, el volumen y el peso son de igual importancia respecto a la capacidad de los rellenos sanitarios.

Las unidades de expresión más común utilizadas para sus tasas de generación:

Doméstico: (Kg/hab/día o Kg/manzanas/día)

Comercial: (Kg/cliente/día o Kg/\$/día)

Agrícola: (Kg/cantidad de Kg de producto terminado/unidad de tiempo)

5.4. 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. Si no hay báscula, los valores de peso específico medio se utilizan para estimar el volumen.

5.5. Importancia de la obtención de datos de la caracterización de los desechos sólidos

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

Los datos de la caracterización constituyeron uno de los estudios básicos (Instrumento de gestión) para ejercer control sobre la generación de los residuos sólidos, y de las demás etapas que comprenden el proceso de manejo integral de los residuos sólidos.

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

5.6. Composición de los desechos sólidos

Composición es el término utilizado para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos 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 y/o energía de los desechos.

Por simples observaciones se pueden notar las variaciones en cantidad y características de los desechos generales 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.

Resulta entonces muy difícil predecir la modalidad de los cambios y los cambios mismos que se están presentando y que se presentarán en el futuro en lo que a cantidad y características de los desechos generados en una localidad determinada se refiere.

Visto de esta manera, los resultados obtenidos en la determinación de la composición física y química tienen algunas limitaciones en su uso para el pronóstico de las cantidades y composición de los desechos sólidos en el futuro.

Estos resultados son verdaderamente útiles a las autoridades locales para los fines mencionados en el primer párrafo, pero siempre sujetos a las múltiples causas de cambios que pueden afectarlos.

Esta multicausalidad de cambios indica a las autoridades que debe hacerse un uso flexible de los datos disponibles sobre los desechos. La falta de técnicas para el análisis de desechos que estén normalizadas a nivel internacional, inclusive a nivel nacional en muchos países, limita la realización de estudios comparativos entre localidades y países que realmente contribuyan a la definición de políticas y estrategias de amplia aplicación en la utilización de datos básicos de los desechos sólidos para efectos de planeación y organización adecuadas del servicio de aseo urbano.

5.7. 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 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 (basura suelta o compactada, ya sea en recipientes, camiones, relleno sanitario, entre otros).

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

5.8. Propiedades y/o características

La composición física de los desechos sólidos se determina básicamente por cuatro análisis:

- La identificación de los componentes individuales.
- Análisis de tamaño de las partículas.
- Determinación del contenido de humedad.
- Determinación de la densidad.

a) Componentes individuales

Los componentes individuales de los residuos sólidos dependen fundamentalmente del tipo de fuente generadora, así los desechos sólidos domésticos constan generalmente de papel, cartón, envases de alimentos, vidrio, latas, plásticos, restos de alimentos, trapo, restos de jardinería y otros, encontrándose algunas veces muebles, refrigeradoras y otros residuos voluminosos (CEPIS/OPS/OMS, 2004).

La basura recogida de calles, parques, plazas y otros sitios públicos consiste en su mayor parte de pedazos de papel, restos de cigarrillos, tierra, arena, excrementos de animales, hojas de árboles y otros detritos tirados por la población; dependiendo de las atribuciones del organismo responsable por la limpieza urbana puede también consistir de restos de poda de árboles y limpieza de terrenos, y de animales muertos.

En su mayoría los estudios realizados sobre los componentes individuales no han seguido los mismos criterios en la selección de los componentes que caracterizan los desechos sólidos municipales. Los componentes individuales se expresan en porcentajes (por peso o por masa). Expresar tales porcentajes de manera precisa

resulta muy difícil, por cuanto, por una parte, es difícil obtener una muestra representativa debido a la naturaleza miscelánea del material y por otra a que existen variaciones locales y estacionales en la composición de los desechos (CEPIS/OPS/OMS, 2004).

Por tal motivo la distribución de los componentes es un factor crítico en el proceso particular de decisiones de manejo de desechos. De ser posible, se debe realizar un estudio especial para determinar la composición de los desechos. Aún entonces puede ser imposible obtener una evaluación exacta de la composición a menos que sea analizado un número prohibitivamente grande de muestras.

b) Tamaño de las partículas

El tamaño de los materiales componentes de los desechos sólidos es de singular importancia en la recuperación de materiales, especialmente con medios mecánicos tales como cribas y separadores magnéticos.

c) Contenidos de humedad

El contenido de humedad de los desechos sólidos puede variar entre 15 y 40%, dependiendo de la composición de los desechos, la estación del año, y las condiciones de humedad y meteorológicas, particularmente la lluvia.

El contenido de la humedad generalmente se expresa como el peso de humedad por unidad de peso de material húmedo o seco. En el método de medida en peso húmedo, la humedad de una muestra se expresa como un porcentaje del peso seco del material, ver tabla 1.

Tabla 1.- Contenido de humedad por componente

COMPONENTE	PORCENTAJE DE HUMEDAD	
	RANGO	TIPICO
Desechos de alimentos	50 – 80	70
Papel	4 - 10	6
Cartón	4 - 8	5
Plástico	1 - 4	2
Textiles	6 - 15	10
Caucho	1 - 4	2
Cuero	8 - 12	10
Desechos de jardín	30 - 80	60
Madera	15 - 40	20
Vidrio	1 - 4	2
Envases de hojalata	2 - 4	3
Metales no ferrosos	2 - 4	2
Tierra, ceniza, entre otros.	6 - 12	8
Desechos sólidos municipales	15 – 40	20

Fuente: Jacotín, 2015

5.9. Gestión del servicio de aseo publico

En la Agenda 21 de la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo (CNUMAD-92) realizada en 1992 en Brasil, se estableció que el manejo de los residuos debe incluir la minimización en la producción, la separación, el reciclaje, la recolección, el tratamiento biológico, químico, físico o térmico y la disposición final adecuada. También se reiteró, que cada país y cada ciudad deberá establecer sus programas para lograr lo anterior, de acuerdo a sus condiciones locales y sus capacidades económicas y sociales, de conformidad con las metas a corto y mediano plazo.

5.9.1. El aseo urbano consta fundamentalmente de las siguientes actividades:

Generación: Cualquier persona o institución cuya acción cause la transformación de un material en un residuo. Una institución usualmente se vuelve generadora cuando sus actividades y procesos dan como resultado un residuo o cuando no utiliza más un material (CEPIS/OPS/OMS, 2004).

Separación: Es el proceso de agrupación de los residuos no seleccionados a través de medios manuales y/o mecánicos para transformar residuos heterogéneos en diferentes grupos relativamente homogéneos. Es recomendable hacer este proceso en la fuente de origen de los residuos y no en el vehículo de recolección o la estación de transferencia (CEPIS/OPS/OMS, 2004).

Almacenamiento temporal: Es la forma en que los residuos son acumulados durante un tiempo determinado antes de su recolección. Los recipientes utilizados para el almacenamiento temporal están en función del tipo de recolección a realizarse (CEPIS/OPS/OMS, 2004).

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 sólo se limita a las principales calles (CEPIS/OPS/OMS, 2004).

Recolección y transporte: Es aquel medio que recoge el residuo y lo lleva a un sitio de transferencia, botadero a cielo abierto o disposición final (CEPIS/OPS/OMS, 2004).

Tratamiento y disposición final: El tratamiento, incluye la selección y aplicación de tecnologías apropiadas para el control y tratamiento de los residuos peligrosos o de sus constituyentes. Estos pueden ser: pre-tratamiento mecánico (trituration y compactación) tratamiento térmico (incineración, pirolisis y gasificación) tratamiento biológico (compostaje, Lombricultura y digestión anaerobia o mecanización). Respecto a la disposición final, la alternativa comúnmente más utilizada es el relleno sanitario manual y/o mecanizado (NTON 05 014-02, 2002).

Tratamiento y disposición sanitaria final de los residuos sólidos, siendo esta última imprescindible en el manejo de los residuos. Las tres primeras actividades son responsabilidad del usuario o generador de los residuos sólidos, las demás son

competencia del municipio o de la empresa encargada de este servicio. En los países en desarrollo, el aseo urbano es uno de los problemas de saneamiento del medio que está exigiendo una mayor atención por parte de las autoridades gubernamentales, así como de las entidades de financiamiento y de investigación.

De acuerdo a Lacayo (2010), argumenta que la mala calidad de los servicios de aseo urbano se debe a que:

- La solución al problema ha sido frecuentemente entregada a personal sin capacitación o a políticos, sin la debida preparación técnica.
- No se ha tomado en cuenta que éste es un problema que exige conocimientos, investigaciones, estudios, proyectos y construcciones o instalaciones adecuadas, bien operadas y mantenidas.
- Existe la creencia común de que los residuos sólidos encierran riqueza.
- Existen limitaciones económicas por parte de los municipios, contándose con exiguos recursos financieros destinados a la limpieza pública.
- Tradicionalmente, las autoridades le han dado poca importancia a este servicio público.

5.10. Sistema de disposición final inadecuado

Dado que el destino de la mayor parte de los residuos que se recolectan ha sido por lo general un botadero a cielo abierto, dichos botaderos se han constituidos en sitios contaminantes y en un riesgo para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos; lo cual, asociado a la quema frecuente de basura, está teniendo implicaciones graves para la calidad del suelo, el agua, el aire y las cadenas o redes alimentarias, esta tiene repercusiones también sobre la salud de la población.

Actualmente la población está mostrando patologías que bien se pudieran derivar del deterioro ambiental, así como el proceso de urbanización que genera marginalidad, depuración y hacinamiento. Como resultado, se producen

fenómenos agudos de contaminación biológica por sustancias y residuos químicos potencialmente peligrosos para la salud.

El deterioro de la situación del saneamiento básico, en particular; continúa ejerciendo presiones significativas sobre la salud de la población, en la que persisten altas tasas de mortalidad por enfermedades transmisibles ligadas al medio, propias de los países en vías de desarrollo, algunas de estas se muestran en la tabla 2. La basura facilita la proliferación de artrópodos y roedores que pueden ser vectores de enfermedades importantes, además de generar mal olor y afectar los valores escénicos.

Tabla 2.- Enfermedades relacionadas con RSM transmitidas por vectores

Vectores	Formas de transmisión	Principales enfermedades
Ratas	Mordisco, orina y heces Pulgas	Peste bubónica Tifus murino Leptospirosis
Moscas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea Salmonelosis Cólera Amibiasis Disentería Giardiasis
Mosquitos	Picadura del mosquito hembra	Malaria Leishmaniosis Fiebre amarilla Dengue Filariasis
Cucarachas	Vía mecánica (alas, patas y cuerpo)	Fiebre tifoidea Heces Cólera Giardiasis
Cerdos	Ingestión de carne contaminada	Cisticercosis Toxoplasmosis Triquinosis Teniasis
Aves	Heces	Toxoplasmosis

Fuente: DESA/UPMG, 2005.

Así mismo estaban los residuos sólidos peligrosos, especialmente los hospitalarios e industriales merecen consideración especial, que son depositados en los botaderos sin ningún tipo de control ni tratamiento, conllevando a enfermedades

tipo infectocontagiosas a las personas que trabajan con los residuos y otros que visitan las aéreas donde se depositan los mismos.

Por lo tanto, podemos definir como un sistema inadecuado como:

5.11. Botadero 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, entre otros. Ahí 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, quemas y humos, polvo y olores nauseabundos (Morales, 2014).

Los botaderos de basura a cielo abierto son cuna y hábitat de fauna nociva transmisora de múltiples enfermedades. En ellos se observa la presencia de perros, vacas, cerdos y otros animales que representan un peligro para la salud y la seguridad de los pobladores de la zona, especialmente para las familias de los segregadores que sobreviven en condiciones infrahumanas sobre los montones de basura o en sus alrededores (Morales, 2014).

La segregación de subproductos de la basura promueve la proliferación de negocios relacionados con la reventa de materiales y el comercio ilegal. Ello ocasiona la depreciación de las áreas y construcciones colindantes; asimismo, genera suciedad, incremento de contaminantes atmosféricos y falta de seguridad por el tipo de persona que concurren a estos sitios (Morales, 2014).

En la actualidad, el hecho de que los municipios abandonen sus basuras en botaderos a cielo abierto es considerado una práctica irresponsable para con las generaciones presentes y futuras, así como opuesta al desarrollo sostenible.

Para resolver los problemas del sistema descrito anteriormente como inadecuado se ha implementado un sistema adecuado como es el siguiente.

5.12. Relleno Sanitario

El relleno sanitario es una técnica de disposición final de los residuos sólidos en el suelo que no causa molestia ni peligro para la salud o la seguridad pública; tampoco perjudica el ambiente durante su operación ni después de su clausura.

Esta técnica utiliza principios de ingeniería para confinar la basura en un área lo más estrecha posible, cubriéndola con capas de tierra diariamente y compactándola para reducir su volumen. Además, prevé los problemas que puedan causar los líquidos y gases producidos por efecto de la descomposición de la materia orgánica (Morales, 2015).

Hace poco menos de un siglo, en Estados Unidos, surgió el relleno sanitario como resultado de las experiencias, de compactación y cobertura de los residuos con equipo pesado; desde entonces, se emplea este término para aludir al sitio en el cual los residuos son primero depositados y luego cubiertos al final de cada día de operación.

En la actualidad, el relleno sanitario moderno se refiere a una instalación diseñada y operada como una obra de saneamiento básico, que cuenta con elementos de control lo suficientemente seguros y cuyo éxito radica en la adecuada selección del sitio, en su diseño y, por supuesto, en su óptima operación y control (morales, 2016)

Una vez expuesto el sistema adecuado definiremos los tipos de relleno sanitario que se propone:

5.12.1. Relleno sanitario semi mecanizado

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 la basura,

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* (Ilustración 1).

Ilustración 1.- Equipo para Relleno Sanitario Semi mecanizado



Fuente: Jaramillo, 2002

Una vez definido el tipo de relleno sanitario se deberá seleccionar el método constructivo.

5.12.2. Métodos constructivos de un relleno sanitario

El método constructivo y la subsecuente operación de un relleno sanitario están determinados principalmente por la topografía del terreno, aunque dependen también del tipo de suelo y de la profundidad del nivel freático. De acuerdo Jaramillo (2012), existen dos maneras básicas de construir un relleno sanitario.

a) Método de trinchera o zanja

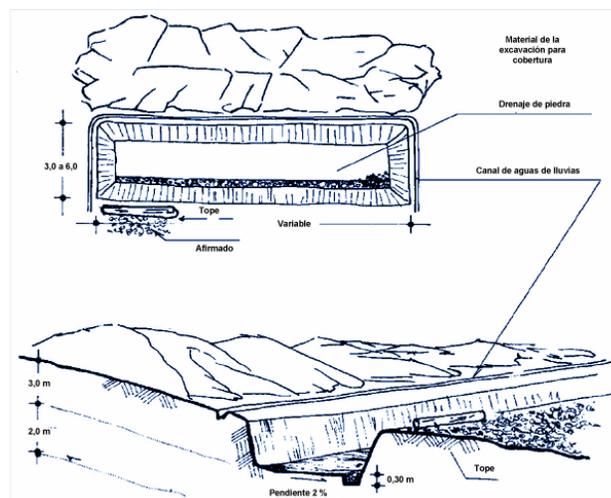
Este método se utiliza en regiones planas y consiste en excavar periódicamente zanjas de dos o tres metros de profundidad con una retroexcavadora o un tractor de orugas. Hay experiencias de excavación de trincheras de hasta de 7 metros de profundidad.

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.

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 Ilustración 2.

Ilustración 2.- Método de Trinchera

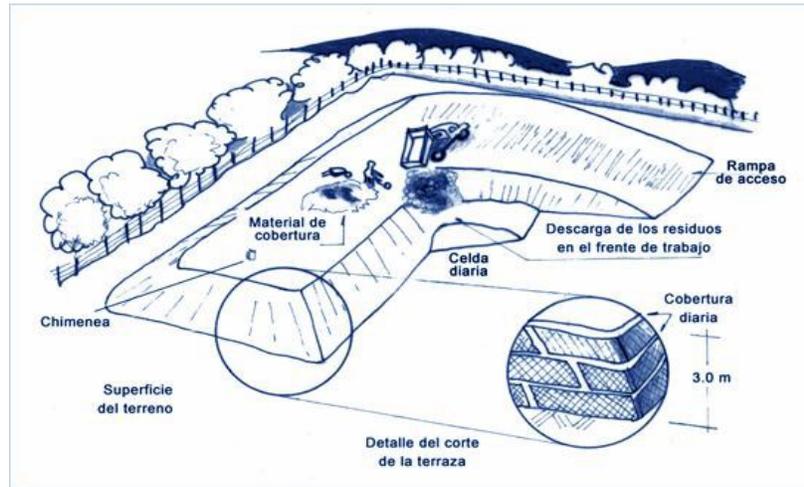


Fuente: Jaramillo, 2012

b) Método de área

En áreas relativamente planas, donde no sea factible excavar fosas o trincheras para enterrar la basura, 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 Ilustración 3.

Ilustración 3.- Método de Área



Fuente: Jaramillo, 2012

Sirve también para rellenar depresiones naturales o canteras abandonadas de algunos metros de profundidad. El material de cobertura se excava de las laderas del terreno o, en su defecto, de un lugar cercano para evitar los costos de acarreo. La operación de descarga y construcción de las celdas debe iniciarse desde el fondo hacia arriba.

El relleno se construye apoyando las celdas en la pendiente natural del terreno; es decir, la basura se descarga en la base del talud, se extiende y apisona contra él y se recubre diariamente con una capa de tierra. Se continúa la operación avanzando sobre el terreno, conservando una pendiente suave de unos 18,4 a 26,5 grados en el talud; es decir, la relación vertical/horizontal de 1:3 a 1:2, respectivamente, y de 1 a 2 grados en la superficie, o sea, de 2 a 3,5%.

c) Combinación de ambos métodos

Dado que estos dos métodos de construcción de rellenos sanitarios tienen técnicas similares de operación, es posible combinar ambos para aprovechar mejor el terreno y el material de cobertura, así como para obtener mejores

Ilustración 4

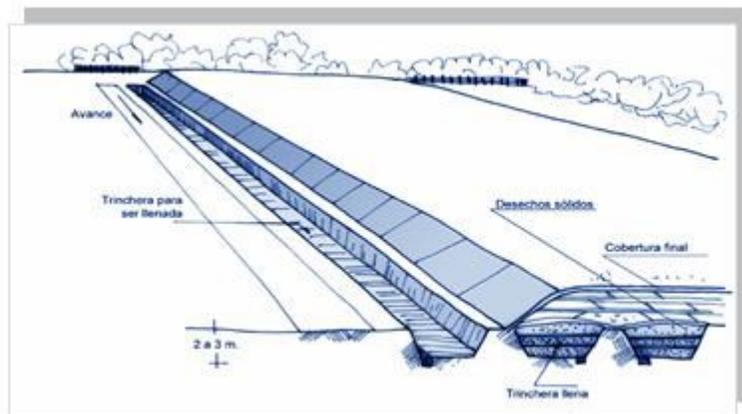


Ilustración 4.- Método combinado

Fuente: Jaramillo, 2012

Toda ciudad o pequeña localidad debe contar con un relleno sanitario propio o de un municipio cercano para disponer sus RSM. De lo contrario, se seguirá favoreciendo la práctica irresponsable del botadero a cielo abierto en su territorio.

Con la elección del método constructivo que mejor se aplique a la zona en donde se desea construir deberá de contar con los elementos principales con los que debe contar.

5.12.3. Elementos principales de un relleno sanitario

De acuerdo a Jaramillo (2012), en su manual de diseño de rellenos sanitarios para pequeñas municipalidades define los siguientes elementos:

- a) Suelo de soporte:** Debe ser lo suficiente impermeable para evitar que los lixiviados se infiltren hacia cursos de aguas subterráneas y para facilitar su captación. Como medida de protección ambiental, es recomendable impermeabilizar el suelo de fondo con material arcilloso técnicamente compactado y/o utilizar otros materiales impermeabilizantes para estos fines.
- b) Zanjas para drenaje pluvial;** Interceptan las aguas de precipitaciones y las desvían antes de que tomen contacto con la masa de basura, evitando de esta manera que se contamine y que perjudiquen la estabilidad del relleno,

contribuyendo de esta manera a que no se incremente el caudal de los lixiviados.

- c) **Drenes de lixiviados:** Permiten captar y conducir estos líquidos hacia un tanque de almacenamiento.
- d) **Sistema de almacenamiento de lixiviado:** Todos los líquidos captados por los drenes de lixiviados, son descargados en un tanque, de almacenamiento para posteriormente ser tratados y recirculados hacia la parte alta del relleno.
- e) **Material de cobertura:** Sirve para tapar los residuos sólidos con el objetivo de neutralizar los malos olores y eliminar la presencia de vectores como pueden ser roedores y moscas.
- f) **Conductos de gases:** Posibilitan la salida de los gases especialmente del biogás que se origina en el interior del relleno, el cual puede ser aprovechado en el propio relleno o en las comunidades aledañas.
- g) **Pozos de monitoreo de aguas subterráneas:** Instaladas en puntos estratégicos para controlar y validar la gestión de los lixiviados.
- h) **Área del terreno:** El terreno debe de ser lo suficientemente grande como para garantizar una vida útil del relleno de por lo menos 20 años.
- i) **Franja de protección ambiental:** sirve para mejorar la estética del relleno y como cortina de aislamiento visual de las operaciones que se ejecutan en el interior del relleno.
- j) **Cercas perimetrales:** sirve para dar seguridad al relleno e impedir el ingreso de personas extrañas o animales domésticos, que perjudican el normal desarrollo de las labores de los equipos.

Con la definición de los elementos del relleno sanitario tendremos los pasos necesarios para un diseño adecuado.

5.12.4. Reacciones que ocurren en un relleno sanitario

Según Jacotín (2015), para planear y diseñar rellenos sanitarios eficazmente, es importante comprender lo que sucede dentro de un relleno sanitario después de concluir las operaciones de llenado. Los desechos sólidos colocados en un relleno sanitario están sometidos a un número de cambios biológicos, físicos y químicos simultáneos. Los siguientes están entre los más importantes de estos cambios:

a) Cambios físicos, químicos y biológicos

Los RSM depositados en un relleno sanitario presentan una serie de cambios físicos, químicos y biológicos de manera simultánea e interrelacionada. Estos cambios se describen a continuación a fin de dar una idea de los procesos internos que se presentan cuando los residuos son confinados.

b) Cambios físicos

Los cambios físicos más importantes están asociados con la compactación de los RSM, la difusión de gases dentro y fuera del relleno sanitario, el ingreso de agua y el movimiento de líquidos en el interior y hacia el subsuelo, y con los asentamientos causados por la consolidación y descomposición de la materia orgánica depositada.

El movimiento de gases es de particular importancia para el control operacional y el mantenimiento del sistema. Por ejemplo, cuando el biogás se encuentra atrapado, la presión interna puede causar agrietamiento de la cubierta y fisuras, lo que permite el ingreso de agua de lluvia al interior del relleno sanitario, lo que provoca mayor generación de gases y lixiviados. Lo anterior contribuye a que se produzcan hundimientos y asentamientos diferenciales en la superficie y que se desestabilicen los terraplenes por el mayor peso de la masa de desechos.

c) Reacciones químicas

Las reacciones químicas que ocurren dentro del relleno sanitario e incluso en los botaderos de basura abarcan la disolución y suspensión de materiales y productos

de conversión biológica en los líquidos que se infiltran a través de la masa de RSM, la evaporación de compuestos químicos y agua, la adsorción de compuestos orgánicos volátiles, la deshalogenación y descomposición de compuestos orgánicos y las reacciones de óxido-reducción que afectan la disolución de metales y sales metálicas. (La importancia de la descomposición de los productos orgánicos reside en que estos materiales pueden ser transportados fuera del relleno sanitario o del botadero de basura con los lixiviados.)

d) Reacciones biológicas

Las más importantes reacciones biológicas que ocurren en los rellenos sanitarios son realizadas por los microorganismos aerobios y anaerobios, y están asociadas con la fracción orgánica contenida en los RSM. El proceso de descomposición empieza con la presencia del oxígeno (fase aerobia); una vez que los residuos son cubiertos, el oxígeno empieza a ser consumido por la actividad biológica. Durante esta fase se genera principalmente bióxido de carbono. Una vez consumido el oxígeno, la descomposición se lleva a cabo sin él (fase anaerobia): aquí la materia orgánica se transforma en bióxido de carbono, metano y cantidades traza de amoníaco y ácido sulfhídrico.

e) Generaciones de líquidos y gases

Casi todos los residuos sólidos sufren cierto grado de descomposición, pero es la fracción orgánica la que presenta los mayores cambios. Los subproductos de la descomposición están integrados por líquidos, gases y sólidos.

Líquido Lixiviado

La descomposición o putrefacción natural de la basura produce un líquido maloliente de color negro, conocido como lixiviado o percolado, parecido a las aguas residuales domésticas, pero mucho más concentrado.

Las aguas de lluvia que atraviesan las capas de basura aumentan su volumen en una proporción mucho mayor que la que produce la misma humedad de los RSM,

de ahí que sea importante interceptarlas y desviarlas para evitar el incremento de lixiviado; de lo contrario, podría haber problemas en la operación del relleno y contaminación en las corrientes y nacimientos de agua y pozos vecinos.

Gases

Un relleno sanitario se comporta como un digestor anaerobio. Debido a la descomposición o putrefacción natural de los RSM, no solo se producen líquidos sino también gases y otros compuestos. La descomposición de la materia orgánica por acción de los microorganismos presentes en el medio tiene dos etapas: aerobia y anaerobia.

La **aerobia** es aquella fase en la cual el oxígeno que está presente en el aire contenido en los intersticios de la masa de residuos enterrados es consumido rápidamente.

La **anaerobia**, en cambio, es la que predomina en el relleno sanitario porque no pasa el aire y no existe circulación de oxígeno, de ahí que se produzcan cantidades apreciables de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), así como trampas de gases de olor punzante, como el ácido sulfhídrico (H_2S), amoníaco (NH_3) y mercaptanos.

El gas metano reviste el mayor interés porque, a pesar de ser inodoro e incoloro, es inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción de 5 a 15% en volumen; los gases tienden a acumularse en los espacios vacíos dentro del relleno y aprovechan cualquier fisura del terreno o permeabilidad de la cubierta para salir.

Cuando el gas metano se acumula en el interior del relleno y migra a las áreas vecinas, puede generar riesgos de explosión. Por lo tanto, se recomienda una adecuada ventilación de este gas, aunque en los pequeños rellenos este no es un problema muy significativo.

f) Hundimientos y asentamientos diferenciales

En el relleno sanitario se producen también hundimientos (asentamientos uniformes o fallas) que son el problema más obvio y fácil de controlar con una buena compactación; además, asentamientos diferenciales en la superficie, que con el tiempo originan depresiones y grietas de diversos tamaños, lo que causa encharcamientos de agua y un incremento de lixiviados y gases. Estos problemas dependen de la configuración y altura del relleno, del tipo de desechos enterrados, del grado de compactación y de la precipitación pluvial en la zona.

Una vez determinados las reacciones a la cual estará expuesto el relleno sanitario tendremos el diseño de los canales.

5.12.5. Canales ciegos

Con respecto al movimiento del lixiviado, dos problemas son de interés: el primero es la tasa a la cual el lixiviado filtra desde el fondo del relleno hacia el agua subterránea en la superficie del acuífero; el segundo es la tasa a la cual el agua del acuífero superficial se mueve dentro del acuífero rocoso. Es por esto que se propone diseño de canales.

a) Tratamiento de los canales ciego

Las sustancias líquidas y disueltas y con menos facilidad las sustancias insolubles, depositadas en las trincheras tienden a percolar y escurrir por la masa de desechos sólidos y enseguida por el suelo. Sustancias gaseosas no disueltas, generalmente menos densas que el aire, o por fuerza de la presión interna tienden a salir de la atmosfera, dentro de los gases podemos mencionar al sulfhídrico (olor repugnante) y el metano (inflamable y explosivo si se concentra en el aire en una proporción del 5 al 15%).

El lixiviado tiene un movimiento vertical sobre toda la masa de los desechos y posteriormente se desplaza lateralmente hasta la pata de los taludes de las

plataformas que conforman el relleno sanitario o sea hasta el canal de conducción del percolado, el lixiviado que cae en el canal se almacena hasta que se rebasa la capacidad de su volumen, se vierte por rebose a las líneas de conducción hasta llegar al sitio donde está ubicado otro sistema de tratamiento probablemente una fosa séptica.

La cantidad de lixiviado producida es mínima debido a las características propias del relleno sanitario manual donde los volúmenes de desechos depositados diariamente son pocos por esto es de suponer que las velocidades de flujo son mínimas pasando largos periodos de retención durante el cual los microorganismos adheridos a la superficie del lecho de piedra mejoran la calidad de percolado.

El lixiviado durante su paso por la masa de desechos sufre una serie de transformaciones químicas con los elementos que conforman los desechos sólidos. Los canales ciegos están hechos para reducir la carga contaminante de los lixiviados mediante procesos físicos y biológicos.

La filtración en los canales ciegos es un proceso de mejoramiento de la calidad del lixiviado que consiste en hacerlo pasar a través del lecho poroso del medio filtrante, durante este proceso este paso la calidad del lixiviado mejora considerablemente por la reducción del número de microorganismos (bacterias, virus, quistes) eliminación de una parte de la materia en suspensión y de materia coloidal.

Los canales están constituidos por material granular de diámetro mínimo 0.10m y menor que 0.20 m aproximadamente según Collazos (2005). El tamaño del lecho filtrante en el canal depende básicamente de la naturaleza del medio, la concentración y tipo de agua residual por tratar. Los canales están diseñados para que el líquido percolado permanezca largos periodos de retención para mejorar su calidad por la actividad biológica adherida a la superficie del lecho filtrante, el agua que sale del canal es el exceso o remanente mediante rebose.

b) Mecanismo de filtración de los canales ciego

La filtración es considerada como el resultado de dos mecanismos distintos transporte y adherencia inicialmente las partículas a removerse son transportadas de la suspensión a la superficie del lecho filtrante durante el desplazamiento del líquido percolado, es de suponer que las partículas permanecerán adheridas al lecho filtrante porque las fuerzas de cizallamiento debido a las condiciones hidrodinámicas del flujo son mínimas, las velocidades de desplazamiento y de descarga son bajas debido fundamentalmente a que el volumen de lixiviado en la trinchera es mínimo y la viscosidad es alta debido a su origen y reacciones con todo tipo de materia orgánica e inorgánica durante su recorrido, la adherencia de partículas y de granos es básicamente un fenómeno de acción superficial influenciado por parámetros físicos y químicos.

El transporte de las partículas es un fenómeno físico e hidráulico, en función de las características del lixiviado y el medio filtrante.

Otros de los procesos más importantes que ocurren en los canales de lixiviado es la sedimentación que es la remoción por efecto gravitacional de las partículas en suspensión en el fluido y que tienen un peso específico mayor que el del fluido, estas partículas depositadas en el fluido y que tienen un peso específico mayor que el del fluido, por parte de las bacterias en condiciones anaerobias.

c) Medio filtrante

El medio filtrante recomendado es un material que posee una elevada área superficial por unidad de volumen que sea duradero, económico y que no se obstruya fácilmente, el material recomendado por los ingenieros que se dedican al diseño de estas unidades de tratamiento suele ser piedra silíceo o de cuarzo de 0.10 m a 0.20 m de diámetro aproximadamente, nunca se debe usar piedra de tipo calcárea ya que se disuelve al paso de los líquidos.

Este diámetro (0.10 m – 0.20 m) es escogido para evitar la obstrucción del medio filtrante o sea que existan espacios suficientes o relación de vacíos para el paso

de los lixiviados a través del medio, es de suponer que las piedras con diámetro menos no proporcionarían suficiente relación de vacíos al flujo que atraviesa el lecho provocando obstrucción del medio filtrante.

El comportamiento mecánico e hidráulico del lecho de piedras en el canal ciego queda definido principalmente por las características de compacidad y orientación (forma) de las partículas, el término compacidad se refiere al grado de acomodo de las piedras dejando una adecuada relación de vacíos garantizando la ausencia de obstrucción del lecho, esto lo proporciona el tamaño de la piedra señalada.

Los lechos filtrantes se han utilizados durante mucho tiempo en el tratamiento de aguas residuales y han adquirido reputación de estabilidad de operación y sencillez de diseño. Sin embargo, son difíciles de modelar, tanto a escala de laboratorio como matemáticamente, es difícil pronosticar el funcionamiento de determinado sistema. Esto constituye una desventaja cuando el efluente tratado debe alcanzar una calidad prescrita.

d) Sistema de película biológica

En la superficie del lecho se forma una película biológica que consta de una gran variedad de microorganismos muy activos que descomponen la materia orgánica.

La película biológica adherida a la superficie del medio filtrante constituye una característica de todo tipo de reactor biológico, los reactores de películas biológicas han estado en uso desde hace mucho tiempo para el tratamiento de las aguas residuales.

5.12.6. Operación

Jacotín (2012) refiere que el relleno sanitario se debe de llevar siguiendo un plan general de operaciones preestablecidas o bajo la guía de un manual de operaciones. El cual debe ser flexible para que el supervisor pueda actuar según su criterio cuando haya que resolver situaciones inesperadas.

a) Clausura del botadero municipal

Para la exitosa operación del sistema proyectado, se debe programar y clausurar el botadero tradicional del municipio, así como los demás botaderos existentes en la zona.

Para la operación de clausura del botadero, en lo posible se deben realizar las siguientes acciones:

- Hacer pública la clausura del botadero, anunciando que ya no se permitirá la disposición de basuras en el lugar e informar además a la comunidad sobre la existencia del relleno sanitario para que se dirijan al mismo y su ubicación para obtener su cooperación.
- En especial a los comerciantes, que esporádicamente generan gran cantidad de basuras y contratan a un particular para su disposición, informarles de la existencia del relleno sanitario, e indicarles que las depositen ahí.
- Colocar avisos informando a la ciudadanía las sanciones que se aplicarán a quienes infrinjan las normas dictadas al respecto.
- Construir un cerco para impedir el ingreso de personas extrañas y de animales.
- Realizar un programa de exterminio de roedores y artrópodos ver Ilustración 5. En esta actividad es importante la asesoría de la División de Saneamiento Ambiental de los Servicios de Salud. Si esta etapa no se realiza, es posible que esos bichos, al no disponer de guarida y alimento (por el enterramiento de las basuras), emigren a las viviendas vecinas, con los consiguientes riesgos y problemas.

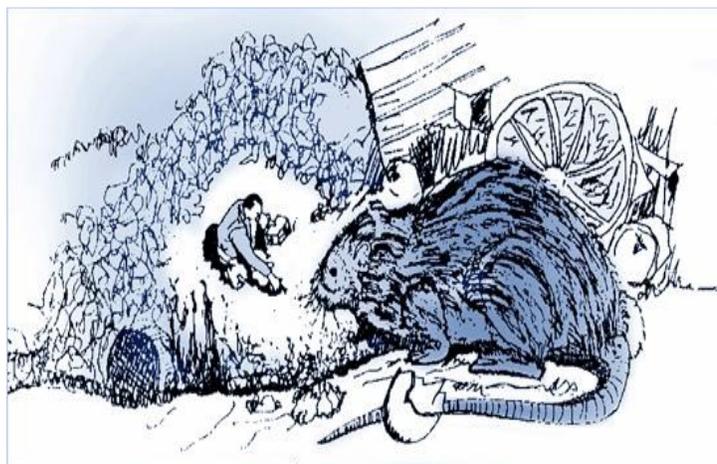


Ilustración 5.- Vectores del Botadero a cielo abierto

Fuente: Jaramillo, 2012

Inmediatamente después del exterminio, se procede a cubrir con tierra bien compactada todos los botaderos con una capa de 0.20 a 0.40 m de espesor, y se proveen los drenajes necesarios para evitar la erosión.

b) Control de operaciones

- Sembrar vegetación sobre la tierra de cobertura en toda el área.
- El control del ingreso de residuos sólidos (portería). Tabla 11.
- El control del flujo de vehículos (portería).
- La orientación del tráfico y descarga (plaza de operaciones).
- El descargue en el frente de trabajo (supervisor).
- El control del tamaño y conformación de las celdas, con su respectivo material de cobertura (supervisor).
- El buen mantenimiento de las herramientas y dotación de implementos de protección de los trabajadores (supervisor).
- La vigilancia para impedir el ingreso de animales y personas extrañas, y la excavación de materiales de los residuos sólidos en las celdas ya conformadas.

c) Mano de obra

En el relleno sanitario manual, como su nombre lo indica, todas las operaciones están basadas en el trabajo desarrollado por obreros del municipio o comunidad. El número de trabajadores necesarios depende de la cantidad de desechos sólidos a enterrar, de las condiciones del clima y del método de construcción del relleno entre otros, ver tabla 3.

Tabla 3.- Control de operaciones

Día	Fecha	Nº de Viajes	Desecho Solido		Material de Cobertura en m ³	Observación
			Volumen M ³ /día	Cantidad Kg/sem.		
Lunes						
Martes						
Miércoles						
Jueves						
Vienes						
Sábado						
Domingo						
Total						

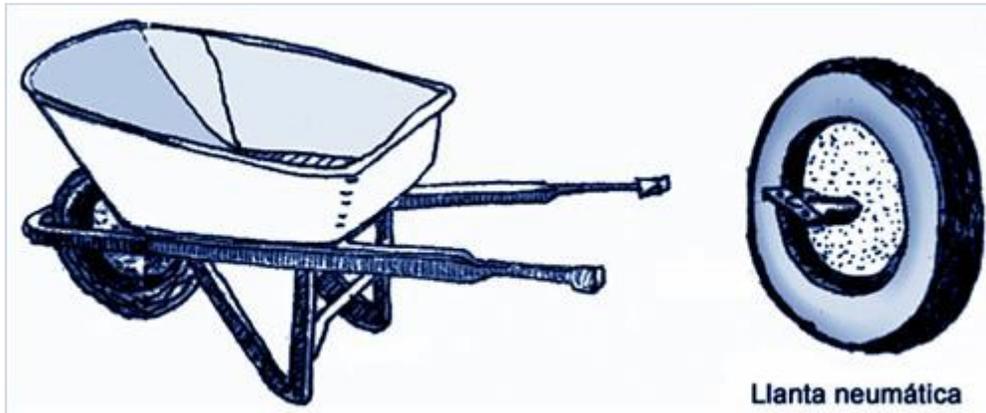
Fuente: Jaramillo, 2012

Es necesario contar además con un responsable o supervisor de aseo que tenga los conocimientos necesarios para dirigir esta obra en constante operación.

Herramientas

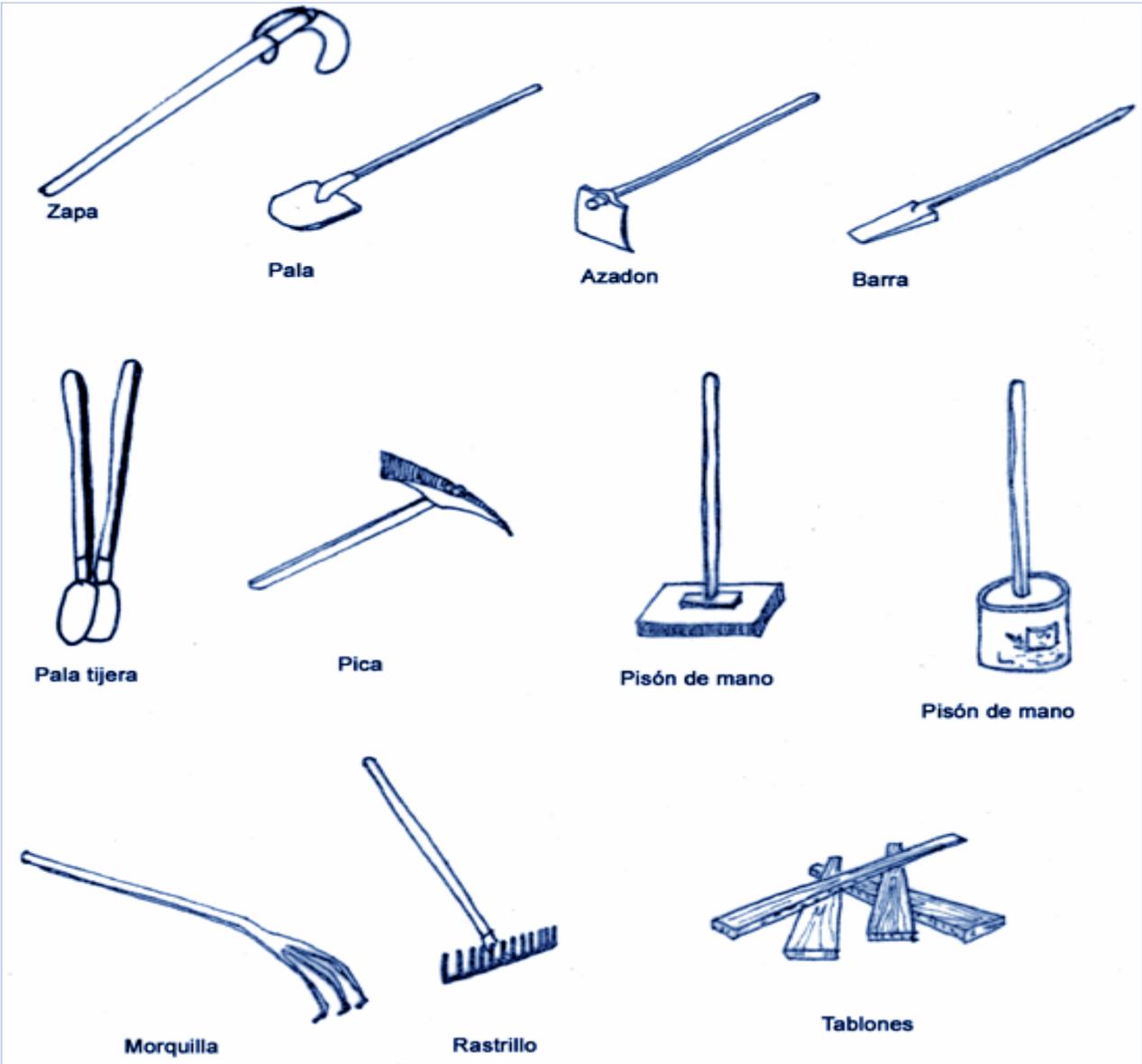
Para la operación del relleno sanitario manual, el equipo necesario se reduce al empleo de herramientas o utensilios de albañilería, tales como: carretillas de llanta neumática, palas, picas, azadones, barras, piones de madera, así como de horquillas o rastrillos y un rodillo compactador. Ver Ilustración 7, 8 y 9.

Ilustración 6.- Carretilla de llanta neumática



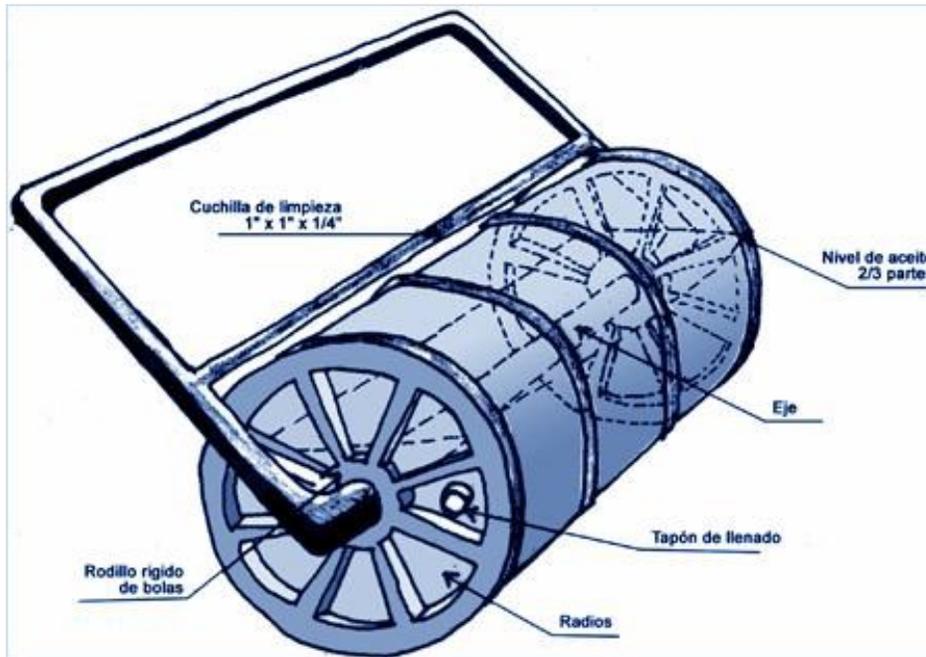
Fuente: Jaramillo, 2012

Ilustración 7.- Herramientas de trabajo



Fuente: Jaramillo, 2012

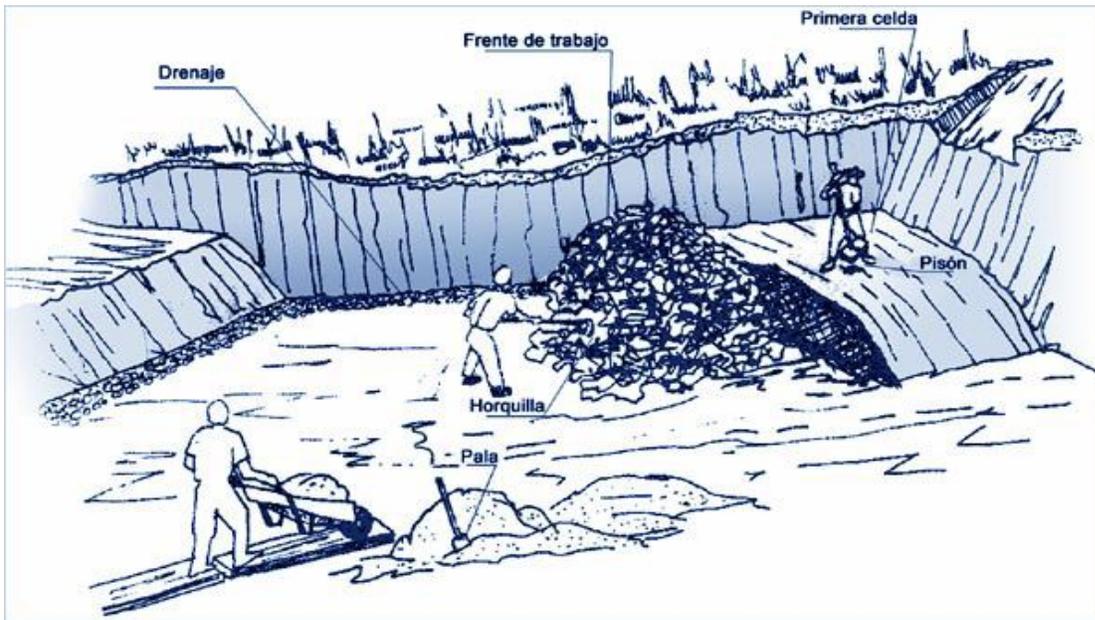
Ilustración 8.- Barril de 55 galones acondicionado como rodillo compactador



Fuente: Jaramillo, 2012

La cantidad de estas herramientas está en función del número de trabajadores, y éstos a su vez dependen de la cantidad de desechos sólidos a enterrar en el relleno.

Para el acarreo del material de cobertura o basura, sobre las celdas ya construidas se recomienda la colocación en la superficie del relleno de unos tabloncillos en forma lineal para facilitar el desplazamiento de las carretillas, sobre todo en época de lluvias, mejorando así los rendimientos en la operación. Ver Ilustración 10.



celda primaria

Fuente: Jaramillo, 2012

5.12.7. Ventajas y riesgo de un relleno sanitario

De acuerdo a Jaramillo (2012), establece que todo sistema de tratamiento de desechos sólidos tendrá sus ventajas y limitaciones como descritas a continuación en la tabla 4:

Tabla 4. - Ventajas y limitaciones de un relleno sanitario

VENTAJAS	LIMITACIONES
<p>La inversión inicial de capital es inferior a la que se necesita para instaurar el tratamiento de residuos mediante plantas de incineración, biometanización o de compost.</p>	<p>La adquisición del terreno es difícil debido a la oposición de los vecinos al sitio seleccionado, fenómeno conocido como NIMBY (<i>not in my back yard</i> „no en mi patio trasero”), por diversas razones:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. La falta de conocimiento sobre la técnica del relleno sanitario. 2. Se asocia el término <i>relleno sanitario</i> al de botadero a cielo abierto. 3. La evidente desconfianza mostrada hacia las administraciones locales que no garantizan la calidad ni sostenibilidad de la obra.

	4. La falta de saneamiento legal del lugar.
VENTAJAS	LIMITACIONES
Tiene menores costos de operación y mantenimiento que los métodos de tratamiento.	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.
Un relleno sanitario es un método completo y definitivo, dada su capacidad para recibir todo tipo de RSM.	La vulnerabilidad de la calidad de las operaciones del relleno y el alto riesgo de transformarlo en un botadero a cielo abierto, principalmente por la falta de voluntad política de las administraciones municipales para invertir los fondos necesarios a fin de asegurar su correcta operación y mantenimiento.
Genera empleo de mano de obra poco calificada, disponible en abundancia en los países en desarrollo.	No se recomienda el uso del relleno clausurado para construir viviendas, escuelas, entre otros.
Recupera gas metano en los rellenos sanitarios que reciben más de 500 t/día, lo que puede constituir una fuente alternativa de energía para algunas ciudades.	La limitación para construir infraestructura pesada por los asentamientos y hundimientos después de clausurado el relleno.
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 transporte y facilita la supervisión por parte de la comunidad.	Se requiere un monitoreo luego de la clausura del relleno sanitario, no solo para controlar los impactos ambientales negativos, sino también para evitar que la población use el sitio indebidamente.

<p>Permite recuperar terrenos que se consideraban improductivos o marginales, tornándolos útiles para la construcción de parques, áreas recreativas y verdes, entre otros.</p>	<p>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.</p> <p>En rellenos sanitarios de gran tamaño conviene analizar los efectos del tráfico vehicular, sobre todo de los camiones que transportan los residuos por las vías que Confluyen al sitio y que producen polvo, ruido y material volante. En el vecindario el impacto lo generan los líquidos, gases y malos olores que pueden emanar del relleno.</p>
VENTAJAS	LIMITACIONES
<p>Un relleno sanitario puede comenzar a funcionar en corto tiempo como método de eliminación de residuos.</p>	<p>Los predios o terrenos situados alrededor del relleno sanitario pueden devaluarse.</p>
<p>Se considera flexible porque puede recibir mayores cantidades adicionales de residuos con poco incremento de personal.</p>	<p>En general, no puede recibir residuos peligrosos.</p>

Fuente: Jaramillo, 2012

5.13. Plan de manejo integral de residuos solidos

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. Para lo cual se establecen objetivos y metas de largo plazo (de 10 a 15 años), y 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 Residuos sólidos. La formulación y ejecución del plan, ofrece tanto a las municipalidades e instituciones relacionadas con el tema, como a la población en general los beneficios siguientes:

- Facilita el desarrollo de un proceso sostenido de mejoramiento de la cobertura y calidad del sistema de gestión de residuos sólidos.

- Previene las enfermedades y mejora el ornato público.
- Promueve y fomenta el aprovechamiento y valorización de los residuos.
- Mitiga los impactos ambientales negativos originados por inadecuado manejo de los residuos sólidos.
- Promueve la participación de la población e instituciones claves en las iniciativas de mejoramiento del sistema de gestión de residuos sólidos.
- Incrementa el nivel de educación ambiental en la población.
- Permite la instalación de estructuras gerenciales apropiadas para la gestión ambiental de los residuos sólidos.

VI. METODOLOGIA

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.

6.1. Tipo de estudio

El plan de gestión integral de residuos sólidos para el municipio de Yalagüina, viene a ser una herramienta para la solución de problemas y el mejoramiento del manejo de residuos sólidos, por lo tanto, el tipo de investigación a desarrollar será aplicada, ya que se van a analizar una serie de parámetros y a aplicar metodologías para definir una evaluación a la gestión de los residuos en Yalagüina.

La profundidad de la investigación es descriptiva, ya que se desarrolla a través del estudio de las características de los residuos sólidos generados en el caso urbano y las comunidades aledañas al casco urbano que conforme crece las ciudades estas serán barrios.

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 analizarán variables cuantitativas y cualitativas, para determinar acciones que lleven a lograr una gestión integral de dichos residuos.

6.2. Materiales y métodos

Para recabar la información del presente estudio se hará uso de diversos medios:

- Revisión bibliográfica, esto es con el fin de manejar la información técnica y legal correspondiente al estudio a realizarse.
- Entrevista con personajes claves, principalmente 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 residuos sólidos.

- La caracterización de los residuos sólidos domésticos generados en el municipio de Yalagüina, se realizará mediante la aplicación del método del cuarteo.
- Observación en el sitio y formatos de evaluación, 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 para al final hacer un análisis de tipo FODA.
- Realización de encuesta, realizadas con el objetivo de conocer datos que servirían posteriormente para definir parámetros de importancia en el estudio y para conocer la opinión de los pobladores del servicio brindado por la municipalidad.

La metodología de referencia utilizada para elaborar el respectivo Plan Integral de Gestión Ambiental de los Residuos Sólidos Urbanos del Municipio de Yalagüina, es la Metodología PIGARS, desarrollada por el Concejo Nacional del Ambiente de Perú (CONAN-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.

6.3. Procedimiento utilizado para realizar el estudio

Procedimiento para la realización de estudios básicos se detallan a continuación:

6.3.1. Universo del estudio

Se tomó como universo el casco urbano del municipio de Yalagüina y comunidades cercanas al casco urbano como son Cerro grande, La esperanza, El Chagüite y Cofradía. Se consideró como una economía homogénea.

El municipio de Yalagüina cuenta con una población total de 5,204 habitantes para el año 2017, este dato de población lo proporciono la alcaldía, no se trabajó con datos de INIDE porque se no tienen la certeza necesaria, como lo detallan los censos del MINSA, MINED, Alcaldía, por lo que se trabajó con el dato brindado por la municipalidad.

6.3.2. Selección y tamaño de la muestra

Para definir el tamaño de la muestra se consideró la población del casco urbano y comunidades que están aledañas al casco urbano de tal manera que se hizo una distribución, como se detalla a continuación:

Tabla 5.- Distribución de la muestra

TOTAL	POBLACION	
	URBANA %	SEMI URBANA %
5204	27.07	72.93

a. Determinación del número de muestra

Para determinar el número de muestras representativas por estrato socioeconómico se deberá aplicar la siguiente ecuación.

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

Donde:

n= Numero de muestras.

v= Desviación Estándar de la variable (X = PPC de la vivienda 1) (gr. /hab.-día).

E= Error permisible en la estimación de PPC (gr. /hab.-día)

N= Número total de viviendas del estrato definido.

b. Valores recomendados:

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

Error permisible: 50 gr. /hab.-día.

Confiabilidad 95%: 1.96.

Desviación estándar: 250 gr. /hab.-día.

Valores que han sido considerados como los más apropiados, de acuerdo a la experiencia obtenida en otros estudios.

A continuación, se presenta la tabla 6, elaborada con la finalidad de facilitar los procesos de caracterización de los RS y de esta manera obtener informaciones de los parámetros fisicoquímicos, para obtener los resultados del tamaño de la muestra aplicando la ecuación propuesta por CEPIS (2002).

Tabla 6.- Número de muestras por población y vivienda

POBLACIÓN POR ZONA	NUMERO TOTAL DE VIVIENDAS	MUESTRAS A CONSIDERAR (No Viviendas)
96 (Urbana)	239	18
273 (Rural)	643	51

6.3.3. Variables e indicadores del estudio

Las variables en estudio (Ver Tabla 7) 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 7.- Variables, indicadores, técnicas e instrumentos en estudio

Variables	Indicadores	Técnica	Instrumento
Características físicas de los residuos sólidos	Peso	Método de cuarteo	Formatos de registro, ver anexo
	Densidad		
	Volumen		
	Producción Total y Per-Cápita (PPC)		
	Composición Física	Observación en el campo	Guía de observación, ver anexo
Manejo de los Residuos Sólidos	Generación	Encuestas basadas en la Metodología PIGARS.	Entrevistas, ver anexo
	Separación		
	Recolección y Transporte		
	Barrido		
	Tratamiento y Disposición Final		

6.4. Justificación técnica de las metodologías 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 en los numerales que prosiguen a continuación, se decidió emplear el método de cuarteo para dar salida al objetivo general y primero de este trabajo investigativo.

1. 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.
2. 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.
3. En lo que respecta a la decisión de utilizar la denominada metodología PIGARS desarrollada por el Consejo Nacional del Ambiente de Perú (CONAN-PERÚ, 2002). Ésta, fue seleccionada por las causas siguientes:
 1. Promueve la participación de diversos actores vinculados a la temática.

2. Se adecúa a las características socio-demográficas del área de estudio.
3. Los resultados obtenidos al final del proceso son integrales y propositivos ante los problemas identificados.
4. Su implementación no requiere excesivos recursos económicos.

6.5. Elaboración del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos de Yalagüina

Es necesario aclarar que la metodología PIGARS desarrollada por el Consejo Nacional del Ambiente de Perú (CONAM, 2002) 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-Yalagüina, 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 1 se presentan resumidos los pasos aplicados para la elaboración del PLAN, adaptado del modelo original propuesto por el Consejo Nacional del Ambiente de Perú.

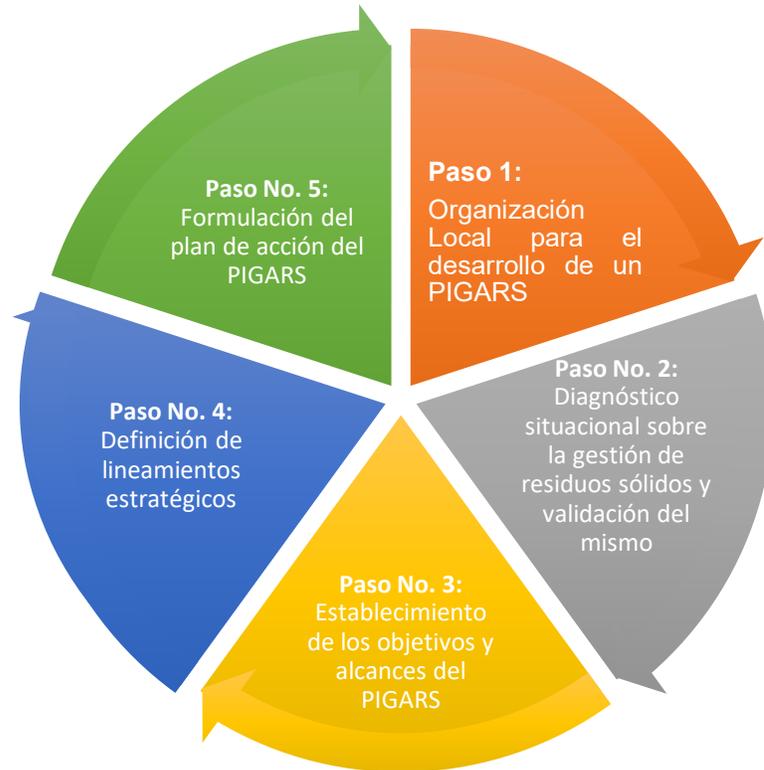


Figura 1.-Esquema gráfico para la planificación del PIGARS

Seguidamente se describe el proceso metodológico aplicado durante el desarrollo del Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos Urbanos, PIGARS-Yalagüina.

6.5.1. Paso No.1: Organización Local para el desarrollo de un PIGARS

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 tres actividades que se detallan en la figura 2:

Figura 2.- Estructura general para implementación del PIGARS



a. Identificación de actores y planeamiento del PIGARS

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 instituciones de gobierno locales: Tales como: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARENA), el Ministerio de Salud Pública (MINSA), Ministerio de Educación (MINED) y Ministerio de Gobernación.

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

Universidad: La universidad Nacional de Ingeniería, Recinto Universitario Augusto C. Sandino (UNI-RUACS), 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.

Los medios de comunicación: En la municipalidad no se logró concertar la participación de los medios de comunicación que inciden fuertemente en la opinión pública por razones políticas y económicas.

b. Conformar el comité coordinador de la elaboración del Plan

Lo conveniente para mantener o fortalecer el liderazgo municipal, es que la persona representante de la municipalidad que está promoviendo la elaboración del PIGARS, sea quien dirija este comité coordinador que en nuestro caso será el encargado de servicios municipales, aunque la realidad de la municipalidad y el exceso de trabajo, resulta importante el apoyo de los actores de la universidad.

Para la composición del grupo gestor del PIGARS, es necesario asegurar una conformación multidisciplinaria. Es decir que existen profesionales de distintas disciplinas. Esto fue crucial para incorporar diversas perspectivas y opiniones en el PIGARS.

El grupo gestor se organizó y definió sus funciones y responsabilidades. También fueron documentadas las posibles redes de cooperación interinstitucional, y los requerimientos de convenios y cartas de intención necesarios para el diseño e implementación del PIGARS en el municipio de Yalagüina. Tanto la conformación del Comité como su propuesta inicial de trabajo fueron sometidas a la aprobación.

6.5.2. Paso No. 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.

a) Caracterización del área de estudio

De acuerdo a los historiadores locales y según afirmación del lingüista nicaragüense Ingeniero Alfonso Valles, el municipio de Yalagüina fue fundado en 1,725, y su nombre proviene de la lengua Matagalpa, que significa Yal pez y güina, pueblo o gente; cuyo significado lo define como Gente o Pueblo de Pescadores.

No obstante, a esto existe otra versión que procede del Dr. Julián Guerrero y manifiesta que el nombre de este territorio municipal proviene de la lengua Chorotega Yale o Yare que significa monte, cumbre, altura y guiña pueblo, gente; lo que se traduce como Pueblo de las Alturas o las Montañas.

Pese a las diferentes corrientes las tradiciones de este pueblo giran en torno al primer significado y así lo demuestran sus monumentos y logotipo oficial de la Alcaldía Municipal (SINAPRED, 2012).

Límites Municipales

Norte: Municipio de Tototalpa

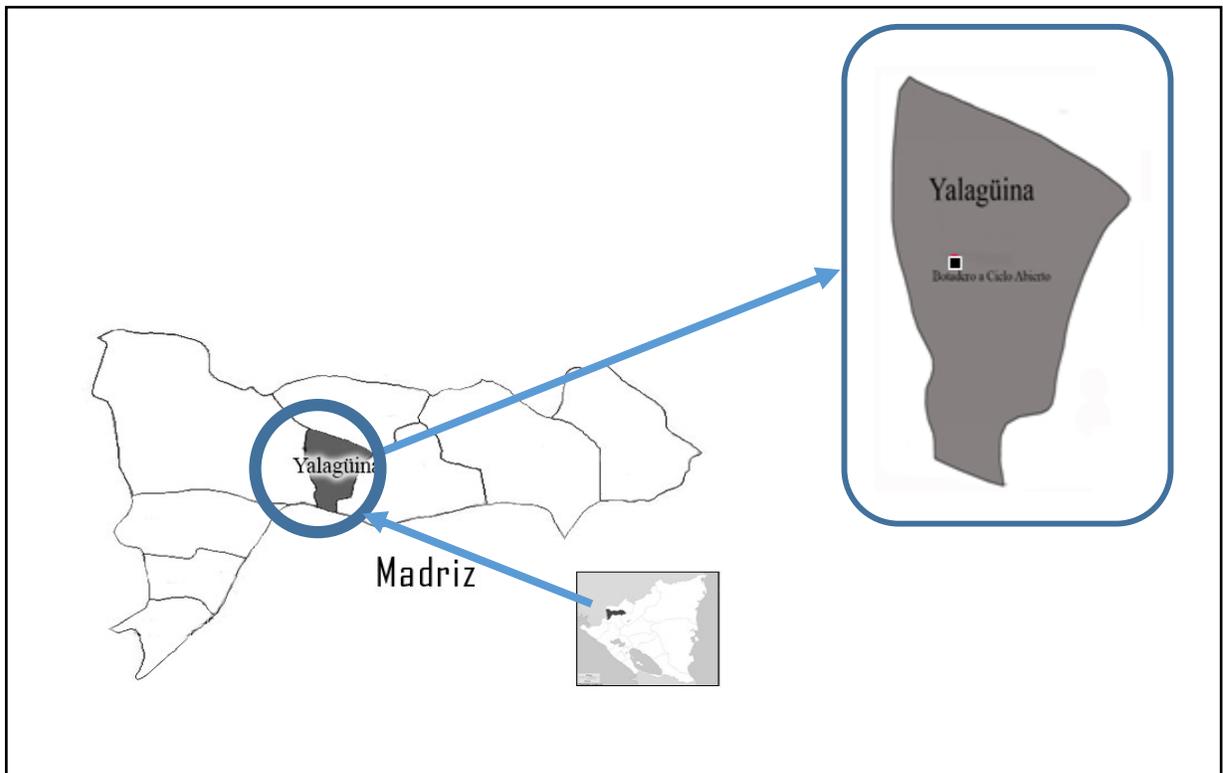
Sur: Municipio de Pueblo Nuevo

Este: Municipio de Palacagüina

Oeste: Municipio de Somoto

El proyecto estará ubicado en el municipio de Yalagüina departamento de Madriz, como se detalla en la siguiente ilustración.

Ilustración 10.- Macro y micro localización



- **Clima y precipitación**

El territorio municipal se localiza en la zona seca del país, confiriéndole la clasificación de sabana tropical de altura; a esto también se le debe agregar que tiene las dos estaciones del año bien marcadas: Verano de Noviembre a Abril e Invierno de Mayo a Noviembre, con una canícula entre Julio y Agosto. Las temperaturas máximas oscilan entre los 25° y 32°C con una precipitación anual entre los 1,000 y 1,200 mm (SINAPRED, 2012).

- **Uso del Suelo**

Este municipio no cuenta con estudios sobre los tipos de suelo, es decir, que no se conoce el uso actual o potencial en cuanto a las actividades agropecuarias o forestales sin embargo se puede mencionar que su textura es franco arenoso y arcilloso, características que pudiera inferir que tipo de uso se le puede dar al mismo (SINAPRED, 2012).

Este uso sin conocer el fin de la tierra ha sido perjudicial para el suelo ya que ha generado la pérdida de la capa vegetal que le brinda los sustratos necesarios a los cultivos para mejorar la calidad de la siembra y aumentar la productividad. Además, la falta de atención al sector agroforestal, así como las quemadas y la ampliación de las fronteras agrícolas permitiendo convertir áreas boscosas en zonas deforestadas e infértiles han agudizado el deterioro del medio ambiente (SINAPRED, 2012).

- **Contaminación**

En este sentido los hábitos desarrollados por la población en función de contaminar el medio ambiente son muy marcados, en el casco urbano no utilizan depósitos para la deposición de los residuos sólidos domésticos y industrial, de igual manera las aguas residuales son vertidas en las calles o patios de tierra de las viviendas influyendo en el traslado de los componentes químicos de los jabones, detergente y cloros por las corrientes subterráneas depositándolos en las micro cuencas (SINAPRED, 2012).

Por otro lado, la actividad agrícola es otro de las actividades generadoras de contaminación por el uso excesivo de pesticidas y agroquímicos los cuales producen residuos que afectan los ecosistemas (aire y agua); por otro lado, también contaminan las fuentes de aguas superficiales.

- **Actividad Económica**

Como actividad económica primaria esta la agricultura a través de la producción de granos básicos entre ellos el sorgo, maíz y frijoles, cuya cosecha tiene una distribución con dos fines: para auto consumo familiar el 60% y 40% restantes para comercializar y obtener ingresos para cubrir las demás necesidades básicas (SINAPRED, 2012).

En este rubro existe una pequeña cantidad de agricultores que se dedican al cultivo de hortalizas entre los principales tomate y repollo los cuales comercializan con los municipios de Estelí, Ocotal y Somoto y en muy pequeña escala se cultiva la uva y pitahaya para su comercialización (SINAPRED, 2012).

Otra actividad económica de suma importancia y relevante, considerada inclusive por algunos sectores como la actividad económica primaria, es la producción de rosquillas a gran escala, constituyendo pequeñas fábricas de este producto y comercializado a gran escala a nivel, nivel municipal concentrada en las comunidades de La Esperanza, Salamasí, Los Encuentros, Samascunda y Los Arados Quemados, de donde también se extienden a nivel departamental y nacional.

Se registran al menos 74 pequeñas industrias de elaboración de rosquillas en el casco urbano y las comunidades siendo un gran soporte económico para las familias que trabajan en esta actividad (SINAPRED, 2012).

Como actividad económica secundaria y con gran demanda están las fábricas de ladrillos de barro para la construcción, existiendo al menos 34 empresas, concentradas la mayoría de ellas en la Comunidad de Los Encuentros con 32 y en

las comunidades de Salamasí y La Cruz 1 en cada una de ellas (SINAPRED, 2012).

De igual manera existen alrededor de 20 talleres de artesanías, que fabrican ollas, cómales, canastos, jarros y tinajas en concentrados 8 en Cofradía y 12 en El Terrero. En otro orden existe una pequeña actividad ganadera la cual está basada principalmente en la crianza, venta y auto consumo leche y carne.

- **Infraestructura de Salud**

La Infraestructura de Salud existente en el municipio consiste en 3 unidades de salud entre ellas, 1 Centro de Salud ubicado en el casco urbano con el nombre de “Coronel Santos López”, 1 Puesto de Salud ubicado en el centro del casco urbano que a la vez funciona como Casa Materna, pero con ambientes definidos para cada función y 1 Puesto de Salud rural en la comunidad de El Chagüite (SINAPRED, 2012).

También como infraestructura de salud cuentan con 4 casas base en las comunidades de La Esperanza, La Cruz, Las Cruces y Las Quebradas; de la misma manera también tienen una Casa Materna con 4 camas unipersonales para la atención a mujeres en estado de embarazo de las comunidades que integran el territorio municipal.

El personal de salud y administrativo que atiende estas unidades de salud, aglutinadas en sectores de salud, de acuerdo al Modelo de Salud Familiar y Comunitaria (MOSAFC) está integrado por:

- 2 Médicos Generales
- 3 médicos en Servicio Social
- 1 Odontóloga
- 1 Licenciada en Enfermería
- 3 Auxiliares de Enfermería
- 7 Enfermeras Generales.
- 1 Responsable de Farmacia

- 1 Conductor de ambulancia
- 1 Conserje
- 1 CPF

Para fortalecer el Sistema de Salud y la atención en el casco urbano y las comunidades rurales existe una red comunitaria integrada por: 56 brigadistas populares de salud y 22 parteras.

Las enfermedades priorizadas según estadísticas son: Infecciones Respiratorias Agudas (IRA), Enfermedades Diarreicas Agudas (EDA), problemas dérmicos como infecciones y laceraciones entre otras y enfermedades crónicas como la hipertensión, diabetes mellitus y artritis entre las más comunes (SINAPRED, 2012).

- **Infraestructura de Educación**

En cuanto a infraestructura educativa se refiere, el municipio cuenta un total de 23 Centros Escolares de Primaria, de ellos 22 rurales y 1 urbano, además hay una Instituto de Secundaria ubicado en el casco urbano, todos aglutinados en 6 Núcleos Educativos Rurales (NER).

Estas escuelas satisfacen las necesidades educativas de un total de 2,422 alumnos en todas sus modalidades desde preescolar hasta secundaria; atienden a esta población estudiantil 118 maestros (entre ellos 1 itinerantes) además a esto se le agregan 20 docentes de preescolar comunitario, completando un total de 138 docentes en todo el territorio municipal (SINAPRED, 2012).

- **Agua y Saneamiento**

ENACAL Filial Yalagüina, brinda el servicio de agua potable para 444 usuarios, en el casco urbano existen 163 (incluyendo el Barrio San Barolo) y en la comunidad de Salamasí rural 81, la tarifa oficial es de C\$ 76.51 córdobas cuando no se cuenta con medidor instalado, para los usuarios que poseen este instrumento técnico la misma oscila entre los C\$ 9 córdobas hasta los C\$ 220 córdobas en

dependencia del uso o actividad que se desarrolle con el vital líquido. Los recibos son emitidos en Managua de acuerdo a la lectura que proporcionen los medidores.

El agua la obtienen de una fuente subterránea a través de 2 estaciones de bombeo, la cual es almacenada en 2 pilas de recolección desde donde es llevada a la red de distribución hasta llegar a las acometidas domiciliarias; durante todo este proceso se el agua es tratada por medio de clorogás que adiciona la cantidad de cloro necesaria para que el agua mantenga el pH necesario para el consumo humano.

Ni el casco urbano ni la zona rural poseen alcantarillado sanitario por lo que para la deposición de excretas hacen uso de letrinas.

En este caso la totalidad de letrinas es de 1,911 para todo el municipio, en algunos casos se usan sumideros existiendo un total de 19 sumideros en el casco urbano, en las siguientes instituciones: Alcaldía Municipal, Centro de Salud, Instituto y escuela de primaria, Cooperativa de Ahorro y Crédito y Casa de Cultura.

El déficit en este tipo de servicios de necesidad social es de 672 letrinas, lo que representa un 26% del total de viviendas que no usan letrinas generando el fecalismo al aire libre y, por ende, la proliferación de enfermedades. Las aguas residuales y servidas por lo general son vertidas en los patios de las casas o en las calles ya que no existe un sistema de drenaje tanto para este tipo de residuos líquidos como para las aguas pluviales.

Durante el proceso de intervención, ENACAL estaba desarrollando un proyecto de “Agua y Saneamiento” con fondos del Gran Ducado de Luxemburgo, con el fin de mejorar e incrementar el servicio domiciliario, así como el tratamiento de las aguas servidas y residuales (SINAPRED, 2012).

- **Principales Vías de Acceso**

La principal vía de comunicación terrestre de este municipio es la carretera Panamericana la cual atraviesa este territorio en un trecho de 12 Kms,

permitiendo la circulación de norte a sur y viceversa con transporte regional e internacional.

A través de ella el municipio se comunica con los municipios de los departamentos vecinos y con la ciudad capital Managua, facilitando la movilización de sus pobladores a cualquier parte del territorio nacional.

En el casco urbano existen 85.5 Km. de calles adoquinadas y caminos, además posee 174.5 Km de caminos troncales de todo tiempo y 34.5 Km clasificados como caminos temporales ya que solo funcionan en época de verano y en periodo de invierno se vuelven intransitables por los múltiples pegaderos y cortes que se producen por la erosión acuífera (SINAPRED, 2012).

- **Cementerio General**

Para el descanso de las almas de las personas fallecidas hay un cementerio ubicado en la parte sur del poblado, con un área de 3mz. de extensión. El cementerio no cuenta con servicios de agua y energía; su mantenimiento es regular con el apoyo de las comunidades dos veces al año. Además, existen cementerios en las comunidades de La Esperanza, El Chagüite y Las Cruces.

- b) Aspectos gerenciales, administrativos y financieros del servicio**

La valoración y análisis, se realizó mediante la aplicación de diversos instrumentos y estrategias metodológicas, y 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 Manual de Organización y Funciones interno de la alcaldía municipal de Yalagüina, 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.

- Aplicación de entrevistas a funcionarios públicos de la municipalidad ligada directa e indirectamente al servicio; cuyos resultados fueron el insumo principal para la definición inicial de los aspectos que integran el análisis FODA efectuado. El personal entrevistado fue seleccionado en base al manual de Organización y Funciones interno de la Alcaldía.
- Análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazadas (FODA), integrando en un mismo análisis, los aspectos gerenciales, administrativos, financieros, técnicos y operacionales.
- Revisión de fuentes bibliográficas.

c) Aspectos técnicos – 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 – operativos del servicio, incluirán el desarrollo de las etapas numeradas 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.

1. Caracterización de los residuos sólidos

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

- Producción total y Per. Cápita (PPC)
- Volumen
- Densidad
- Composición física

1.1. Estimación de la Producción Per. Cápita (Kg. /hab/día)

Para realizar el cálculo de dicha variable, será necesario, pesar individualmente las muestras colectadas (bolsas con residuos) a diario sin haber efectuado clasificación física, registrando los pesos obtenidos en una hoja de campo o bitácora. La relación existente entre la sumatoria de todos los pesos y el número de habitantes en promedio en las casas seleccionadas, dividido entre los 7 días de muestreo efectivo, representa la PPC del Municipio de Yalagüina.

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

$$\text{PPC (Kg. /hab. / días)} = \frac{1}{7} \times \left\{ \frac{\Sigma A}{\Sigma B} \right\}$$

Dónde:

A = Peso (Kilogramos de residuos)

B = Número de habitantes de la zona

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

1.2. Determinación del Volumen

Posterior al pesaje de cada muestra, el contenido de éstas, se verterá en dos baldes de (0.020 m³ y 0.015 m³), el cual será agitado ligeramente para que los residuos logren ocupar los espacios vacíos.

Seguido de las actividades antes descritas, se procederá a medir la altura de los residuos alcanzados en los baldes con una cinta métrica; ya que ciertas alturas predeterminadas en éste, equivalen a unidades específicas de medidas en m³. Información utilizada para aplicar la siguiente fórmula:

Fórmula para el cálculo de Volumen

$$V = \frac{h \cdot \pi r^2}{4}$$

Dónde:

V = Volumen

h = Altura ocupada por los residuos en el balde

π = 3.1416

r² = Radio (varía según el diámetro del balde)

El volumen final, será el resultado de promediar los valores unitarios registrados durante cada día de muestreo

1.3. Cálculo de densidad o Peso específico (Kg /m³)

Paralelamente se estudiará la variable densidad o peso específico; ésta se definirá como el peso de un material por unidad de volumen (kg/m³).

La densidad será calculada considerando la relación del peso total de los residuos recolectados diariamente, entre el valor de volumen en m³, a través de la siguiente fórmula. Para conocer el valor final, se sacará el promedio entre los resultados obtenidos.

Fórmula para cálculo de Densidad

$$\text{Densidad (Kg. / m}^3\text{)} = \frac{\text{PB Lleno (Kg.)}-\text{PBVacío (Kg.)}}{\text{VB(m}^3\text{)}}$$

Dónde:

Densidad: = Densidad de los desechos (Kg. /m³)

PBLleno: = Peso del Barril Lleno (Kg.)

PBVacio: = Peso del Barril Vacío (Kg.)

V.B. = Volumen del Barril (m³)

Ilustración 11.- Método de Cuarteo



Fuente: Vílchez & Moraga, 2010

1.4. Determinación de la Composición física

La determinación de la composición física de los residuos, se realizará a través del **Método de Cuarteo** (*Ilustración 12*). Para ello se tomarán en cuenta todos los residuos recolectados, los cuales serán vertidos sobre una base impermeabilizada (plástico negro), procediendo inmediatamente a mezclarlos hasta que se logre obtener un montículo bastante homogéneo; de ahí se procederá a dividir el montículo resultante en 4 partes, escogiendo 2 partes opuestas para formar otra muestra representativa más pequeña.

A la muestra resultante se le volverá aplicar el mismo procedimiento de mezcla, división y selección durante los días de mayor producción, hasta que se obtenga una muestra de 50 Kg, de residuos aproximadamente.

Los residuos que se contendrá en la última muestra (50 Kg. aproximadamente), serán clasificados de acuerdo a las siguientes características:

- Materia orgánica
- Papel y cartón
- Plásticos
- Trapos (material textil de cualquier clase)
- Metales
- Vidrios
- Otros (suelo, hueso, piedras, caucho, cuero)

Una vez clasificados los residuos según el tipo de material, de acuerdo a sus características físicas, se procederá al pesaje de los mismos utilizando recipientes plásticos (baldes) de 20 litros y 15 litros de capacidad. La diferencia de peso entre el balde con residuos (lleno), menos el peso de éste únicamente (vacío), será el peso de los residuos registrados para ese día, dato utilizado posteriormente para

calcular el porcentaje específico de cada tipo de componente, y de ahí estimar la generación diaria en kilogramos, toneladas/día y toneladas/año.

Paso No. 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.

Por consiguiente, el planeamiento de los objetivos y alcances del PIGARS, se centrarán 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 que podrá ser de 38 semanas.
- 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.

Paso No. 4: Definición de lineamientos estratégicos

La definición de los lineamientos estratégicos que regirán el rumbo del plan de acción desarrollado, se realizarán en base a los resultados del diagnóstico situacional del servicio en sus aspectos gerenciales, administrativos, financieros, técnicos-operacionales; incluyendo los resultados obtenidos a partir del análisis FODA.

Paso No. 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, ver tabla 8.

Tabla 8.- Propuesta de PIGARS – Yalagüina

		Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina			
Lineamientos					
Objetivos					
Metas					
N°	Acciones	Indicadores	Unidad ejecutora	Actores	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.

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.

6.6. Disposición final de los residuos sólidos y sub-productos

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.

6.6.1. Evaluación de sitios

Para la evaluación de los sitios de disposición final de los residuos y sub productos de la municipalidad se contó con un sitio por lo que se procedió a evaluarlo con elementos y métodos recomendados por las NTON 05 013-01 entre otras.

Para la evaluación del sitio propuesto a ser utilizado como Relleno Sanitario se aplicaron 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 los cuales se valoran como principales parámetros los de tipo sanitario, urbanístico y económico. Algunas de estas consideraciones se mencionan a continuación:

a) Consideraciones sanitarias

1. Micro localización del sitio seleccionado a una distancia mínima de 500 m. del perímetro urbano y tomando en cuenta que el tiempo de traslado desde el centro urbano no debe de ser mayor de 40 minutos. Ubicado a sotavento de la población
2. Contar con las condiciones ambientales que protejan los recursos naturales. la vida animal y la vida vegetal en sus cercanías.
3. Alejado de cualquiera de sus extremos por lo menos 150 mts. de fuentes naturales de agua y pozos excavados a mano o perforados y galerías de infiltración.
4. En la zona donde se ubica el sitio elegido, el manto freático no debe localizarse a menos de 10 mts. de profundidad y el terreno natural debe tener un coeficiente de permeabilidad entre 10-5 y 10-8 cm. /seg.

b) Consideraciones urbanísticas

Que el proyecto de Relleno Sanitario en el sitio seleccionado sea compatible con el desarrollo urbano de la localidad de manera que se integre a los planes de desarrollo contando con vías de acceso fáciles y rápidas, contribuyendo de forma eficiente a dicho desarrollo, tanto en la operación como en el uso anterior del sitio una vez finalizada la vida útil del R.S.

c) Consideraciones económicas

Que el sitio tenga capacidad para almacenar los desechos producidos por la población durante un período mínimo de 20 años. Preferiblemente en el sitio o cerca del mismo debe de existir el material apropiado para la cobertura (material areno-arcilloso).

El sitio debe ser de bajo valor comercial, terrenos no aptos para la agricultura, canteras o banco de materiales abandonados y cavidades naturales, son recomendables. En cuanto al tipo de propiedad del sitio escogido es preferible que el terreno sea municipal de modo que se reduzcan los costos iniciales de inversión del proyecto.

d) Selección del sitio para la ubicación del Relleno Sanitario

Para la ubicación del sitio en donde se construirá el relleno sanitario de Yalagüina, se conformó un equipo técnico integrado por los diseñadores, y un grupo de profesionales relacionados con el sector. Este equipo técnico realizó la valoración del sitio actual a fin de conocer las condiciones sanitarias y ambientales.

Una vez realizada la inspección se procedió a elaborar una evaluación técnica, en la que se incluyen las repercusiones al entorno del sitio, al ubicar el relleno sanitario, por ejemplo posibles contaminaciones de fuentes de agua, contaminación por vectores a la población cercana a Yalagüina, acceso o posibilidad de acceso, planes de desarrollo, principalmente en cuanto a explotación del agua para el consumo humano, repercusiones a la salud pública y el aspecto estético.

a) Evaluación Ambiental

Para la evaluación y selección de sitios para construir un relleno sanitario fue 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 consideran los siguientes elementos:

b) Elementos de la evaluación ambiental

Los elementos utilizados para la evaluación ambiental se presentan en la **Tabla 9**. Posterior a la realización de los estudios básicos, analizar y decidir la idoneidad del sitio.

Tabla 9.- Aspectos e indicadores, evaluación socio-ambiental y natural

Aspectos de evaluación	Descripción	Indicadores
<p>1. Entorno Social</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dispersión comunal • Traslado forzado • Instituciones religiosas • Facilidades públicas • Visibilidad del relleno • Futuro uso de suelo cerca del sitio • Compactibilidad con otras leyes • Compactibilidad con otros planes 	<ul style="list-style-type: none"> • Separación de una comunidad • Desconexión de una carretera comunal para transporte escolar y laboral • Impacto sobre el área residencial • Traslado de una iglesia o cementerio • Impacto sobre colegios y hospitales • Si está dentro de futura área urbana • Compactibilidad con el uso de suelo • Otros planes de desarrollo en alrededores 	<ul style="list-style-type: none"> • Ubicación y áreas de comunidades • Ubicación y áreas de comunidades • Ubicación de iglesias y cementerios • Existencia de colegios y hospitales • Visibilidad desde carreteras comunales • Existencia de un mirador u observatorio • Existencia de paisajes bellos • Ubicación del sitio • Compatibilidad con la ley • Compatibilidad con otros planes
<p>2. Contaminación Ambiental</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Agua de río y agua subterránea • Agua potable 	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia de un río • Existencia de un

<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por residuos • Olor • Ruido • Vibración 		<p>pozo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ubicación y áreas de comunidades
<p>3. Entorno Natural</p> <ul style="list-style-type: none"> • Colapso de la pendiente • Inundación • Flora • Fauna • Paisaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Colapso de la pendiente • Existencia de pendientes pronunciadas • Existencia de áreas erosionadas • Impacto sobre la flora existente • Cambio de la flora y uso de suelo • Cambio de uso de suelo del sitio 	<ul style="list-style-type: none"> • Condiciones topográficas actuales • Existencia de bosques naturales • Actual uso de suelo

c) 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 10, 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 10.- Asignación estándar de puntos para la evaluación ambiental

CONSIDERACIONES	VALORES GUIAS	VALORES REALES	CUMPLIM. DE VALORES	PUNTAJE
Distancia del perímetro urbano 500 m	>500			
Tiempo de traslado del centro urbano al sitio del R. Sanitario	<30 min.			
Ubicación con respecto a los vientos	Sotavento			
Protección a los Recursos Naturales	Condiciones Ambientales			
Alejado de las fuentes de agua superficiales.	> 150 mts.			
Profundidad del manto freático	> 10mts.			
Coefficiente de permeabilidad bajo	2.1×10^{-3} cm. /seg.			
Compatibilidad con el desarrollo urbano	Si			
Vida Útil	> 10 años			
Cercanía del material de cobertura	Dentro del terreno			
Propiedades del material de cobertura	Arcilloso arenoso			
Pendiente promedio mínima del T. Natural	1%			
Costos y proceso de adquisición del terreno (tenencia)	Propiedad de Alcaldía			
Total				

6.6.2. Investigaciones Hidrogeológicas

No existen mapas donde se resaltan las líneas de delimitación de la cuenca de agua subterránea por lo que la única forma de tener una idea sobre el comportamiento de las aguas subterráneas es auxiliarse de informaciones de pozos perforados y excavados. La información que tuvimos se describe a continuación:

Se revisaron los planos de curvas y pozos existentes en el mismo sitio escogidos para la disposición final de los desechos sólidos de la ciudad de Yalagüina, determinando que el nivel del agua subterránea, de acuerdo a inventario a dos pozos cercanos (Los lobos y Ojobo), se encuentra a una profundidad mayor de **58.48** mts profundidad que cumple con las normas expresada como sigue: En la zona donde se ubica el sitio elegido, el manto freático no debe localizarse a menos de 10 mts. de profundidad. Cabe señalar que la norma **NTON 05-013-01** hace referencia a esta misma especificación.

6.6.3. Estudio de suelo

Para obtener las muestras se procedió de la siguiente manera:

1. Se descapoto la capa vegetal del sitio donde se realizaron los sondeos.
2. Posteriormente se tomaron las muestras continuas (semi-alteradas) de los estratos encontrados, los cuales fueron clasificados en el campo a primera vista y en el laboratorio la confirmación. Estas muestras se utilizaron para determinar; Peso específico, límites de consistencia, granulometría, entre otros.
3. Luego se colocaron dichas muestras en la bolsa plástica con una etiqueta de identificación.
4. Las muestras se trasladaron al laboratorio para efectuar los ensayos correspondientes.

a) Ensayes realizados en el laboratorio

Las muestras fueron trasladadas y separadas al laboratorio para realizarles los ensayos de:

- Humedad
- Granulometría
- Límite de Attenberg: Límite plástico – Límite líquido.
- Pruebas de compactación estándar.

Todo esto con el propósito de clasificar los suelos y verificar las propiedades mecánicas que tienen los suelos.

b) Clasificación de los suelos

Se utilizaron los procedimientos establecidos por las Normas de la A.S.T.M que en su designación **D 2487** los suelos se clasificaran por el sistema de **S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)**.

6.6.4. Estudio topográfico

El levantamiento topográfico consistió en lo siguiente:

- 1) Medir y desmembrar 20,000.00 m²** equivalente a 2 Ha. formando una poligonal irregular con **4 pl_s**, o puntos de intersección. Para realizar la poligonal se utilizó un instrumento de alta precisión que posee capacidad de almacenamiento de todas las informaciones resultantes de las operaciones altiplanimétricas.
- 2) Se trazaron cuadrículas inferior a 50 m** con el objetivo de realizar un trazado de curvas de nivel cada 1 m máximo y 0.20 mínimo, en el plano a dibujarse.
- 3) El BM de referencia se indica en el plano topográfico. Ver resultados de estudios Topográfico Anexo.**

A nivel de gabinete

- a) Cálculos de la poligonal.
- b) Cálculos de nivelación.
- c) Dibujo de plano topográfico a escala 1:2500 y con curvas de nivel a cada 1 metro de distancia vertical.

6.6.5. 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 del nivel de compacidad relativa de la mayoría de los estratos que va de medio densa a muy poco denso, se podrá realizar excavaciones hasta **10.00** metros sin incurrir en riesgos ambientales tal como se mencionó en la sección anterior, sin incurrir en uso de equipos especializados y por ende sin incurrir en gastos excesivos. Por estas razones la parte de trinchera será construida aprovechando una excavación de 4 metros aproximadamente en todas las áreas del terreno.

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 las 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, ver tablas 11 y 12.

Tabla 11. - Datos básicos de diseño para estimar volúmenes

1. Población del 2017	5,024
2. Tasa de crecimiento anual	3.38%
3. Periodo de diseño	20 años
4. Producción per. cápita diaria	De caracterización in situ
5. Densidad de desecho suelta (calculada)	De caracterización in situ
6. Densidad de desecho compactada (Estimada)	455 Kg. /m ³
7. Densidad de desecho estabilizada (Estimada)	700 kg /m ³
8. Volumen de tierra para cobertura	20% del Volumen de Desecho
9. Volumen de Relleno	Volumen de M.C. (tierra)+ volumen de desecho
10. Alturas del Relleno	7 m.

Tabla 12.- Calculo de los volúmenes de los desechos sólidos y áreas requeridas para el relleno sanitario

N°	Columna	Operación
1	Año (1)	Se escriben los años correspondientes al periodo de diseño
2	Población (Ha.) (2)	<p>Proyección de población = $P_n = P_o (1+i)^n$</p> <p>P_n = Población final del periodo de diseño.</p> <p>P_o = Población inicial.</p> <p>I = Tasa anual de crecimiento.</p> <p>n = Número de años a proyectar.</p>

N°	Columna	Operación
3	PPC Kg/Hab/día (3)	$PPC_n = PPC_o (1+i^{ppc})$ PPCo = Producción per. cápita diaria para el año n i = Tasa de crecimiento de PPCn
4	Diario (Kg.) (4)	$4 = 2 \times 3$
5	Anual (Ton) (5)	$(5) = \frac{(4) \times 365(5)}{1000 \text{ kgs}} \text{ ton}$
6	Acumul (Ton) (6)	Volumen anual acumulado
7	D.S. Compactados Diario (m³) (7)	$= \frac{(4)}{455 \text{ kgs/m}^3}$
8	D.S. Compactados Anual (m³) (8)	$= (7) (365)$
9	Estabilizado Anual (9)	$= \frac{(4) \times 365}{700 \text{ kgs/m}^3}$
10	Área Relleno Anual Estabilizado (10)	$= \frac{(9)}{10m}$ Volumen anual acumulado de residuos sólidos estabilizados más materia de cobertura.
11	Rellenos Acumulado (m³) (11)	Volumen anual acumulado de residuos sólidos estabilizados más material de cobertura.
12	Área total (m²) (12)	$= 1.20 (11)$ Área del R.S. mas 35% de área de servicio

R.S. = Relleno Sanitario D.S. = Desechos Sólidos M.C.= Material de Cobertura.

6.6.6. El método simplificado para estimación de líquidos percolados

Este método se basa en una relación empírica que establece que el percolado es una función directa de la compactación de la Residuos Sólidos en el suelo.

Para el caso particular de los lixiviados de Relleno Sanitario, el procedimiento que se siguió fue el de la correlación entre el área total calculada para la disposición final de los desechos sólidos durante la vida útil prefijada, 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, áreas 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 que depende del grado de compactación

Q = Caudal de lixiviados producidos

Tabla 13.- Valores que toma el coeficiente k

Grado de compactación	Valores de "K"
Mayor a 0.7 Kgs/m ²	15% - 25 %
0.7 – 04 Kgs/m ²	25% - 50%

Fuente: Jaramillo, 2012

6.6.7. Diseño de tratamiento de lixiviado

a. 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.

b. Calidad de los lixiviados

Para poder comprobar la calidad de los lixiviados de los residuos sólidos del municipio de Yalagüina y para establecer algunas relaciones de fundamental importancia para el diseño del sistema, se acostumbra procesar y analizar informaciones de muestreo y caracterización físico - químico obtenidos de forma directa en el Laboratorio de aguas residuales del PIENSA - UNI. En el caso de Yalagüina se ha realizado muestreo de lixiviados de DS frescos de forma directa.

Los parámetros establecidos más importantes se observan en la tabla 14, son los siguientes:

Tabla 14.- Caracterización química de los desechos líquidos

Parámetro	Concentración
PH	4.94
Humedad	71.22 %
Fósforo	200 mg/l
Cloruro	4.75mg/l
Nitrógeno Amoniacal	1,165 mg/l
Nitrógeno Total Kendal	4,077mg/l
Sólidos Totales (ST)	17.489 mg/l
Sólidos Totales Disueltos (STD)	13.169 mg/l
Sólidos Volátiles (STV)	11.115mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST):	4.320mg/l
Sólidos Fijos (SSF)	6.374mg/l
Sólidos Sedimentables (SSD)	60mg/l/h
DBO ₅	14.800 mg/l
DQO	25.632 mg/l

Con esta información se puede concluir que los lixiviados provenientes del Relleno Sanitario del municipio de Yalagüina 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.

Paso 1. Cálculo de la Fosa séptica

Para el caso particular en cuestiones lixiviadas de Relleno Sanitario, 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.

$$V1 = ((SST * Q * 0.7 * (1 - SSV) / 0.04) * TR) / 109$$

Donde:

V1 = Volumen útil destinado para almacenamiento de sólidos (M3)

SSV = Sólidos Suspendidos Volátiles (expresados como fracción de los SST mg/lt)

SST = Sólidos Suspendidos Totales (expresados como fracción de los ST.mg/lt)

TR = Tiempo de residencia de sólidos (Días)

Paso 2: El volumen útil de la "fosa" será:

$$Vu = Q*TRH + V1$$

Donde:

Vu = Volumen útil total de la "fosa séptica" (M3)

Q = caudal diario (M3/día)

TRH = Tiempo de Residencia Hidráulico (en días)

Paso 3. Filtro Anaeróbico

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 el caso particular que nos corresponde, no nos hemos propuesto como objetivo la obtención de metano; esto debido a diferentes razones.

Para efecto del cálculo, el dimensionamiento del "Filtro anaerobio" se obtiene por la siguiente formula:

a) $V_{uf} = 1.60 * Q * TRH$

V_{uf} = Volumen útil

Q = Caudal (m³/día)

TRH =Tiempo de Residencia Hidráulico

b) $S = V/2.00$

Donde:

S = Sección horizontal (superficie)

V =Volumen

2.00 =Profundidad útil del "Filtro".

Paso 4. Dimensionamiento de los reactores

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

1. 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/h, cuyos peso, forma tamaño podrían facilitar la operación de sedimentación (acción de la gravedad sobre dichos sólidos)
2. Más bien la primera parte de este reactor, V_u (m^3) 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 **H = m. (Propuesto)**

B. Ancho **b = m. (Propuesto)**

Paso 5. Verificación de la dimensión de “b” según normativa

Relación entre largo L y ancho b $2 = <L/b> = 4$

Ancho interno (b) = no mayor de 2 veces $h_{\text{útil}}$

Sustituyendo en la ecuación: Volumen (m^3) = $l * b * H$

Tendremos:

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

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

Despejando tendremos la nueva ecuación:

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

Paso 6. Determinación de la longitud total L del tanque séptico

$$L = V/b \cdot H$$

Relación entre largo L y ancho b $2 = \langle L/b \rangle = 4$

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 1ª cámara: $P_c = 2/3 L$ $P_c = m$.
- Cálculo de la 2ª cámara: $S_c = 1/3 L$ $S_c = m$.

Paso 7. Cálculo de aberturas en pantalla:

$$\text{Área transversal de la fosa} = b \cdot h = m^2$$

$$\text{Se tomará el 5\% del área transversal} = m^2$$

Paso 8. Determinación de la velocidad de sedimentación de partículas de reactores del primer período.

Considerando:

Tamaño mínimo de partículas a remover = 0.1 mm.

$$(V_o = 8.00 \text{ mm / seg.}) = 0.0008 \text{ m/seg.}$$

$$\text{Velocidad de sedimento} = V = Q / A$$

A = área vertical a recorrer

$$A = b \times h$$

VII. RESULTADOS

Se presentan a continuación análisis y discusión de los resultados de la investigación, atendiendo al orden de los objetivos planteados y el diseño metodológico.

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

La composición del grupo gestor del PIGARS- Yalagüina fue definido asegurando una conformación multidisciplinaria. Es decir que existen profesionales de distintas disciplinas. Esto fue crucial para incorporar diversas perspectivas y opiniones en el PIGARS, ver tabla 15.

Tabla 15.- Principales actores en el PIGARS- Yalagüina

Actores	Especialidad
<p>Tutor: Master en ingeniería ambiental, posgrado en manejo integral de residuos sólidos y sub productos, ingeniero civil.</p> <p>Tesistas: Egresados de la carrera de ingeniería civil.</p> <p>Director de servicios municipales: Ingeniero agrónomo, posgrado en manejo de residuos sólidos y diplomados para directores de servicios municipales.</p>	<p>Manejo de residuos sólidos e ingeniería sanitaria</p>
<p>Director de planificación: Ingeniero Arquitecto, con curso de urbanismo contemporáneo.</p>	<p>Urbanismo</p>
<p>Dirección administrativa financiera: Licenciado de administración de empresa.</p>	<p>Economía y finanzas</p>
<p>Dirección de participación ciudadana: Estudiantes de trabajo social</p> <p>Iglesias</p>	<p>Información, educación y comunicación</p>
<p>Responsable de la atención médica y área epidemiológica</p> <p>Nodo regional central norte de MARENA</p>	<p>Salud pública, gestión e impacto ambiental</p>

A continuación, se presenta una muestra del mapeo de actores identificados en Yalagüina.

Tabla 16.- Mapeo de actores de Yalagüina

ACTOR	¿Qué interés tiene?	¿Cómo se espera que participe?
Municipalidad	<ul style="list-style-type: none"> · Disminuir el tonelaje de basura. · Analizar los costos de recolección. · Mantener una municipalidad limpia, saludable y amigable con el ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> · Definir políticas ambientales. · Apoyar a los Comités ambientales, en concordancia con legislación vigente. · Apoyar las campañas de educación ambiental. · Recoger los residuos no tradicionales, periódicamente. · Crear reglamentación ambiental. · Proponer un sistema de estímulos para quienes disminuyen la generación de residuos.
Nodo regional central norte de MARENA	<ul style="list-style-type: none"> · Proteger los recursos naturales. 	<ul style="list-style-type: none"> · Aplicar la legislación ambiental vigente. · Vigilar y supervisar las anomalías ambientales.
Ministerio de Salud	<ul style="list-style-type: none"> · Evitar la contaminación. · Proteger la salud de los ciudadanos. 	<ul style="list-style-type: none"> · Aplicar las leyes y reglamentos en forma estricta. · Proveer información
Ministerio de Salud- Nodo regional central norte de MARENA – Municipalidad- ONGS	<ul style="list-style-type: none"> · Proteger los mantos acuíferos. · Evitar los desechos en ríos y riachuelos. · Evitar la deforestación. 	<ul style="list-style-type: none"> · Ejecutar campañas de protección de ríos. · Ejecutar campañas de reforestación. · Apoyar campañas de separación de residuos. · Financiar algunos procesos de los proyectos ambientales.
ACTOR	¿Qué interés tiene?	¿Cómo se espera que participe?
Consejos de Participación Ciudadana (CPC),	<ul style="list-style-type: none"> · Coadyuvar a la limpieza del cantón, a la salubridad y a la protección del 	<ul style="list-style-type: none"> · Canalizar la información ambiental a toda la municipalidad.

Iglesias, ONGs.	ambiente.	<ul style="list-style-type: none"> · Financiar afiches, volantes, guías de recolección de desechos reciclables y otros. · Donar recolectores estacionarios y vallas publicitarias ecológicas
Iglesias (de diferentes denominaciones)	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollar evangelización que enfatice la obligación moral de proteger el ambiente y la salud pública. 	<ul style="list-style-type: none"> · Propician la reflexión e instan a comprometerse con la limpieza comunitaria, separación de desechos y conservación de los recursos naturales.
MINED	<ul style="list-style-type: none"> · Colaboran con una ciudad limpia y saludable. 	<ul style="list-style-type: none"> · Ejecutar campañas de sensibilización ambiental. · Participar de las campañas de limpieza. · Sensibilizar a la población estudiantil respecto a los beneficios de respetar a la naturaleza y mantener su equilibrio. · Aprovechar las actividades curriculares y para organizar y ejecutar, actividades ambientales (obras de teatro, concursos literarios y artísticos, manualidades con residuos sólidos, visitas a ríos, centros de acopio, plantas de tratamiento, entre otros).
UNI	<ul style="list-style-type: none"> · Ofrecen oportunidad teórico-práctica para tesis egresados de Ingeniería Civil como culminación de estudios. · Retroalimentan los conocimientos de la academia. Validan procedimientos de gestión ambiental. 	<ul style="list-style-type: none"> · Desarrollar prácticas profesionales. · Aplicación de metodologías participativas (talleres). · Compartir los resultados de las investigaciones con los interesados.

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

El primer paso en el diagnostico situacional tenemos los aspectos gerenciales, administrativos y financieros del municipio de Yalagüina.

7.2.1. Aspectos gerenciales, administrativos y financieros

a. Aspecto gerencial y administrativo

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: Ornato y Limpieza, Mercado Municipal, Rastro Municipal, Cementerio Municipal y Registros (Civil y Fierro).

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, tales como AutoCAD o ArcGis.

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 ser actualizado, ya que fue elaborado hace dos administraciones, es decir, hace unos 10 años aproximadamente, por lo cual debe reajustarse a los cambios estructurales realizados por el nuevo Gobierno Municipal.

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: Ornato y 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.

b. Aspecto financiero

La Dirección de Servicios Municipales de la Alcaldía, cuenta con una partida presupuestaria definida para cumplir con las funciones relacionadas con el manejo de residuos sólidos. Tanto en la Dirección de Finanzas, como en la Dirección de Servicios Municipales, se llevan registros de los egresos (costos

vinculados al manejo de los residuos) e ingresos mensuales, generados por el cobro de tarifas a la población, por la prestación del servicio.

Ciertamente, si hay una zonificación para el cobro por el servicio de recolección, pero esta responde a la ubicación de los barrios, y no esta en base a las condiciones socioeconómicas de cada sector. Además, en todos los barrios y comunidades, la frecuencia es la misma, lo que indica que la tarifa no es la adecuada, aun habiendo sectores en los que se paga más que otros. A continuaciones, se muestran estas tarifas en la tabla 17:

Tabla 17.-Tarifas de cobro del servicio de recolección

Sector	Tarifa mensual (C\$)
Barrios de la zona central	10
Barrios periféricos	5
Zona rural	5

Como responsable de la fijación de las tarifas adecuadas para asegurar los recursos necesarios para que el manejo de los residuos sea sostenible, la Municipalidad está obligada a actualizar sus tarifas, basándose en un análisis técnico que relacione los costos del servicio (Equipos, pago de personal, gastos directos e indirectos), así como los aspectos socioeconómicos de la población o sector.

La Dirección de Servicios Municipales indica que el costo anual de la prestación del servicio es de ochocientos diez mil córdobas (C\$ 810 000,00), y el costo mensual del servicio asciende a los sesenta y siete mil quinientos córdobas (C\$ 67 500,00). Según registros de la dirección, hasta el mes de septiembre de este año se ha recaudado un total de sesenta y seis mil cuatrocientos cincuenta córdobas (C\$ 66 450,00), distribuidos de la siguiente forma en la tabla 18:

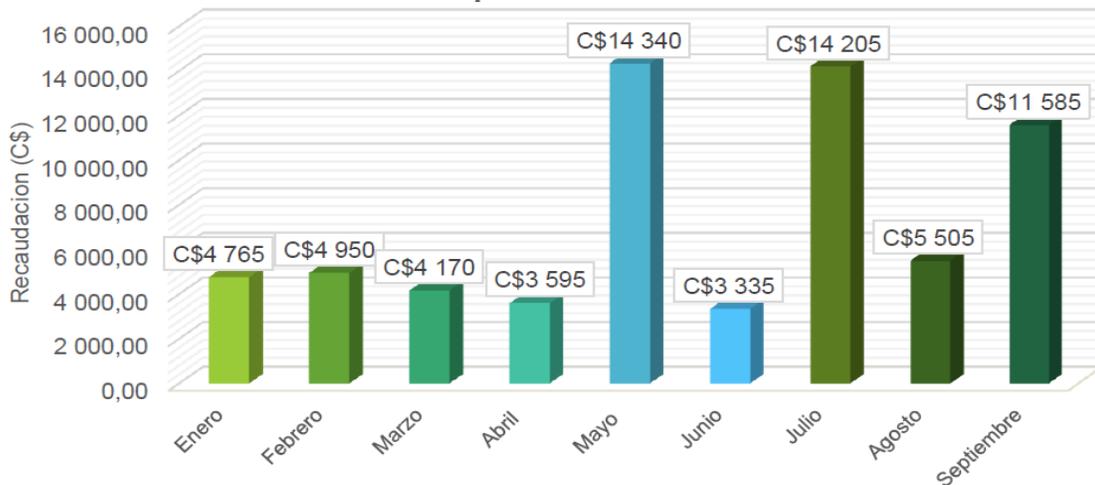
Tabla 18.- Recaudación del año 2016, hasta el mes de septiembre

Mes	Recaudación proyectada (C\$)	Recaudación real (C\$)	Porcentaje de recaudación (%)

Enero	67 500,00	4 765,00	7,06
Febrero	67 500,00	4 950,00	7,33
Marzo	67 500,00	4 170,00	6,18
Abril	67 500,00	3 595,00	5,33
Mayo	67 500,00	14 430,00	21,24
Junio	67 500,00	3 335,00	4,94
Julio	67 500,00	14 205,00	21,04
Agosto	67 500,00	5, 505	8,16
Septiembre	67 500,00	11, 585,00	17,16
Total	607 500,00	66 450,00	10,94

En la Tabla 18, se muestra la recolección mensual por el cobro del servicio de recolección de residuos sólidos. En ninguno de los meses se logra un porcentaje de recaudación mayor al 25%, y hasta el mes de septiembre, la recaudación ha sido solamente del 10,94%, obligando a la Municipalidad a subsidiar el restante 89,06%, que corresponde a una cifra de quinientos cuarenta y un mil cincuenta córdobas (C\$ 541 000,00).

Gráfico 1.- Recaudación de recolección de residuos sólidos (Hasta septiembre)



En el gráfico 1, se muestra que los meses en los que se obtuvo un mayor porcentaje de recolección son mayo y julio, sin embargo, en cada mes no se recolectó más del 21,24%.

Esto se contradice con lo que la población indica, ya que, en la encuesta realizada durante la selección de las viviendas a muestrear, el 82,35% de los pobladores indicaron que, si realiza el pago por el servicio de recolección de los residuos sólidos, lo que significaría que la municipalidad debería recuperar cada mes, al menos, cincuenta y cinco mil quinientos ochenta y ocho córdobas con veinte y tres centavos (C\$ 55 588,23). Es un hecho que la población no realiza el pago correspondiente, pero esto no lo acepta al momento de ser consultados por terceros.

La obligación de cubrir con casi la totalidad de los costos, es un obstáculo para implementar mejoras en el manejo de los residuos o de modernizarlo, no hay recursos para invertir en nuevas tecnologías, nuevos equipos y maquinarias, ni capacitaciones, volviéndose una limitante para alcanzar un desempeño eficiente y sostenible del sistema de manejo de los residuos sólidos.

c. Análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA)

A continuación, se muestra el análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (FODA) realizado en el ámbito municipal, el cual permitió definir los lineamientos a establecer en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales.

Tabla 19.- Análisis FODA

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
La Dirección de Servicios Municipales cuenta con una asignación presupuestaria.	Voluntad política de la Municipalidad por mejorar la gestión de residuos sólidos.	Falta de recursos económicos y humanos en la Dirección de Servicios Municipales por mejorar la gestión de los residuos sólidos.	Rotación de personal (recurso humano) calificado al frente de las operaciones relacionadas a la prestación del servicio; dado el alto grado de influencia política sobre la administración de personal y recursos financieros a nivel interno de los gobiernos municipales.
Existencia de una estructura contable en la que se registran los egresos e ingresos relacionados a la prestación del servicio.	Creciente sensibilización ambiental en la sociedad civil.	Visión institucional incompleta y equivocada de la gestión, al asimilarla fundamentalmente como un problema relativo al servicio, olvidándose de sus componentes ambiental, social, económico y de salud. Falta de planificación en el manejo de los residuos sólidos a largo plazo.	Desorden jurídico en la fijación y/o asignación de competencias en materia de gestión de residuos sólidos presente en la legislación nicaragüense.
Se dispone de 1 camión en buen estado, para cumplir	La Dirección de Servicios Municipales está en proceso de actualización y de reforma.	Ausencia de un sistema de registro y de indicadores de seguimiento y control (técnicos y financieros) que permitan valorar de manera específica las actividades referidas a la prestación del servicio.	

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
<p>con las actividades propias del servicio.</p> <p>Las actividades de recolección y transporte son realizadas en base a un roll de barrios preestablecido.</p> <p>Se cuenta con 12 unidades para la limpieza de calles (carretones). Hay 9 operarios de limpieza destinados a una zona determinada, y uno permanente que atiende el Parque Central</p> <p>La cuadrilla de recolección realiza su trabajo en tiempo y forma.</p>	<p>Existencia de una Política Nacional de Residuos Sólidos.</p> <p>Existencia de la Estrategia “Vivir Limpio, Vivir Sano, Vivir Bien”, orientada por el Gobierno Central, a la educación ambiental de la población.</p> <p>Realización de planos dentro de la Dirección, para el establecimiento y zonificación de nuevas rutas de barrido de calles, y de la recolección de residuos sólidos.</p> <p>Articulación y unión entre la Dirección de</p>	<p>Tarifas actuales obsoletas, no se incorporan los costos económicos relacionados a: Depreciación de maquinarias y equipos, pago de personal, gastos directos e indirectos y principalmente, información referida a las condiciones socioeconómicas de la población.</p> <p>No existe un cobro por el servicio de barrido de calles, en las zonas donde se realiza.</p> <p>No existen tarifas para la recolección de residuos de eventos públicos ajenos a la Alcaldía.</p> <p>Cultura de no pago arraigada en la población. Alto porcentaje de personas en deuda con la Municipalidad.</p> <p>Ausencia de una política local de incentivos dirigida hacia la población en general, en especial, a personas que presentan una aptitud modelo a seguir en el tema de gestión de residuos sólidos, que contribuya a reducir la problemática ambiental derivada, mejorar la estética de la ciudad y por consiguiente la salud pública en general.</p>	<p>Crecimiento urbano (zonas periféricas) desordenado, situación que imprime una mayor demanda de recursos económicos, humanos y materiales para integrar estos nuevos asentamientos al sistema de recolección y transporte de residuos existente.</p> <p>Falta de instrumentos económicos en el país dirigidos a la gestión integral de residuos sólidos, que permita integrar al sector privado y población en general en la búsqueda de alternativas de solución a los problemas planteados.</p> <p>Carencia de una ley especial de residuos sólidos en el país.</p>

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
	<p>Servicios Municipales y la Dirección de Medio Ambiente.</p> <p>Población con disposición a pagar un monto más alto, solamente si se aumenta la frecuencia de recolección.</p>	<p>Carencia de instrumentos económicos, jurídicos y de fomento, que incentiven y promuevan la participación ciudadana en procesos de separación, reciclaje y conformación de empresas privadas para hacer frente al problema.</p> <p>Las Ordenanzas Municipales no abordan la creación de incentivos y programas de sensibilización ambiental.</p> <p>Inexistencia de un Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos.</p> <p>Ausencia de planes sectoriales de manejo de residuos sólidos.</p> <p>Ausencia de una estrategia de incorporación del sector informal (segregadores) en el manejo de los residuos.</p> <p>Insuficientes campañas de educación sanitaria y ambiental.</p>	<p>Débil manejo de residuos biológicos-infecciosos en los centros asistenciales del país.</p> <p>Falta de una cultura de aseo y de responsabilidad por los desechos generados a nivel de individuos y hogares.</p> <p>Poca participación de la población en el manejo de residuos sólidos.</p> <p>Poca claridad de la población en relación con las competencias institucionales en materia de residuos sólidos.</p> <p>Incertidumbre para el fomento de inversiones privadas que contribuyan a mejorar el servicio de manera global.</p>

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
		<p>No se llevan a cabo capacitaciones al personal ligado al servicio en aspectos técnicos, operativos y relacionados a seguridad, salud, higiene y ergonomía laboral.</p> <p>Personal poco calificado en lo relativo al manejo de residuos sólidos en general.</p> <p>Ausencia de un equipo de repuesto para la recolección, en caso de fallas mecánicas del camión en uso.</p> <p>Infraestructura vial no apta para las maniobras del camión recolector.</p> <p>Ausencia de recipientes para el depósito de residuos en la ciudad.</p> <p>Falta de planos en los que se muestren las rutas de recolección y de barrido de calles.</p> <p>Frecuencia de recolección de una vez por semana en todo el municipio.</p>	<p>Poco o nulo desarrollo de tecnologías limpias en el municipio.</p> <p>El sector empresarial no está involucrado directamente en la gestión ambiental municipal.</p> <p>Centralización de recursos económicos y humanos.</p> <p>Algunas decisiones que le competen al gobierno local no están siendo tomadas en el nivel correspondientes.</p>

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
		<p>Falta de infraestructura relacionada con el aseo del personal de limpieza pública.</p> <p>Operarios encargados del barrido de calles, utilizados para cumplir otras tareas, obligando a otros operarios a cubrir más zonas.</p> <p>Inexistente operación, mantenimiento, control, seguimiento y monitoreo del sitio de disposición final, así como infraestructuras para el drenaje de lixiviados, gases, aguas de escorrentía (lluvia) a nivel interno y perimetral en el sitio de disposición final de residuos sólidos de la ciudad.</p>	

7.2.2. Aspectos técnicos operativos del servicio

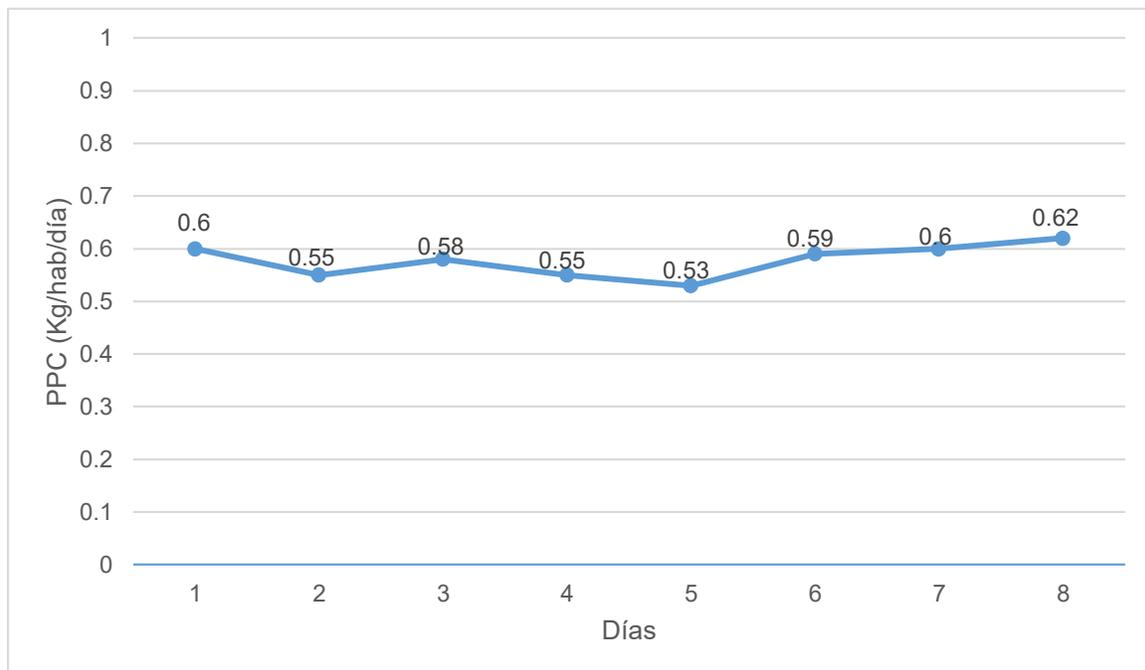
7.2.2.1. Caracterización de los residuos sólidos

Para realizar la caracterización de residuos sólidos urbanos, se hizo la distribución de las viviendas haciendo un énfasis en que la mayor parte de la población está concretada en la zona rural por lo que tenemos la siguiente distribución: Población Urbana tenemos 96 habitantes, entonces será necesario para este estrato considerar una muestra de 18 viviendas y para el otro estrato considerado como semi rural tenemos 273 habitantes, será necesario considerar 51 viviendas para un total de 69 viviendas muestreadas.

c. Producción per cápita de residuos sólidos

Como resultado del muestreo de residuos sólidos realizado del 14 al 21 de noviembre del 2016, se determinó que la generación de residuos sólidos por cada habitante del municipio de Yalagüina es de 0.57 (Kg/hab/día), ver gráfico 2.

Gráfico 2.- Valores de PPC por día de muestreo



I

El día que mayor producción de residuos se reportó fue el, jueves 21 de noviembre así como el miércoles 20, esto debido a que en estos días se registraron lluvias que dieron origen a un aumento en el peso de las muestras, además que el tipo de residuos en su mayoría es orgánica y está influenciado por las condiciones climáticas.

El primer día siempre es un día de calibración porque las personas se están adaptando a metodología de trabajo por eso también se registra como un día alto de producción. Se determinó que la PPC de Yalagüina fluctúa en un rango de 0.53-0.62 y un valor medio de 0.57 (Kg/hab/día).

Se hace un análisis de la tendencia que sigue el país, en cuanto a producción de residuos sólidos, ver tabla 20.

Tabla 20.- Valores comparativos de PPC en diferentes centros urbanos del País

Municipio	PPC Kg/hab/día
Yalagüina, (presente estudio)	0.57
Pantasma ¹	0.28
San Carlos	0.38
Distrito 1, Managua	0.50
Santo Tomás	0.52
San Juan de Río Coco	0.55
Puerto Cabezas	0.61
Corn Island ³	0.73
Acoyapa ⁴	0.77
Jalapa ⁵	0.29
Malpaisillo ⁷	0.73
Estelí ⁸	0.58
Tipitapa ⁹	0,47

Fuente: 1: Molina (1998), 2: Martínez (1997), 3: Dávila (1999), Arrechavala (1997), 5: Velázquez (1999), 6: Vílchez & Moraga (2010), 7: Poveda (2001). Tomado de Lacayo, (2005). 8: Flores, et al. (2002), 9: Díaz, (2007)

De la muestra de localidades urbanas que se presenta en la tabla 20, Yalagüina ocupa la quinta posición en generación per-cápita de residuos, superada por siete de ellas, algunas con características urbanas no muy bien definidas.

Pero se observa una tendencia en el país de la producción de residuos que está influenciado por el clima (Corn Island), hábitos de consumo (Managua), por lo que Yalagüina tiene una tendencia a una municipalidad con una malla urbanística no definida, predomina una tendencia rural, dato que se fundamenta en su distribución poblacional por lo que al igual que otras municipalidades del país, tendrá un valor alto por tener residuos del tipo orgánico.

Según Acurio, et al. (1997), en ALC se estima un rango de producción PPC 0.3 a 0.8 kg./hab/día, valores superiores a los calculados para Estelí (0.25 – 0.59 Kg./hab/día). El mismo autor, indica que en países de bajos ingresos como el caso de Nicaragua, los valores de PPC oscilan entre 0.4 – 0.6 kg./hab/día.

d. Composición física de los residuos solidos

La composición física de los residuos sólidos comprende la identificación de los componentes individuales de los residuos domiciliarios. A continuación se presentan los porcentajes de estos componentes y la comparación con otros estudios.

La composición física de los residuos se caracterizó por tener materia orgánica (Restos de comida 24.34% y jardín 25.43%) 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 segundo es la tierra con un 32.51%; esto se debe a que es una zona rural y en su mayoría las amas de casa hacen limpieza de sus patios así como el interior de sus hogares por lo que los usuarios siempre entregan en su mayoría tierra a los camiones de basura, esto se verifico cuando se calibro la ruta.

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.

El componente madera sólo se encontraron en dos días; es inusual encontrar restos de madera porque generalmente se ocupan para leña en algunas viviendas de escasos recursos, ver tabla 21.

Tabla 21.- Composición física de los residuos sólidos

Tipos	Promedio
Vidrios	1,36%
Metales	0,61%
plásticos alta densidad	2,87%
Plásticos baja densidad	2,53%
Papel	2,67%
Cartón	3,57%
Textiles	0,88%
Madera	1,50%
Resto comida	24,34%
Resto jardín	25,43%
Otros	0,80%
Tierra	32,51%
Caucho	0,48%
Cuero	0,29%
Baterías	0,23%
TOTAL	100%

En la **tabla 22**, se comparan los porcentajes de generación de residuos por componentes físicos del presente estudio con estudios realizados en distintos municipios y centros urbanos del país.

Tabla 22.- Porcentaje de los componentes físicos en diferentes zonas del país

Porcentaje de generación de residuos por componentes físicos							
Municipio	Materia Orgánica (Retos de comida y jardín)	Papel y cartón	Plástico (PBD y PAD)	Vidrio	Metal	Otros	Tierra
Yalagüina	49.77	6.24	5.4	1.36	0.61	4.11	32.51
Pantasma ¹	42	16.5	10.5	4.8	7.6	18.5	
Santo Tomás ²	51.07	5.8	3.36	2.45	0.93	36.4	
Distrito 1 Man ³	85.58	4.58	4.1	1.34	2.66	1.73	
Sn. de Río Coco ⁴	55.3	10.5	5.7	3	3.1	24.2	
Puerto Cabezas ⁵	77	2.6	6.66	3.07	2.03	8.54	
San Carlos ⁶	82.4	3.4	7.4	3.7	1.1	1.9	
Jalapa ⁸	72.5	1.96	3.63	1.19	0.69	20.03	
Malpaisillo ⁹	55.7	1.04	2	0.2	0.4	40.66	
Tipitapa ¹⁰	71	10	11	1	1	6	

Se puede observar en la tabla 20, un acentuado comportamiento en la tendencia de materia orgánica como principal componente físico en las municipalidades del país, esto se asocia a las tendencias alimenticias, el factor económico.

No existe una diferencia significativa en los componentes físicos de las municipalidades lo que si se, observa es una alta producción de residuos biodegradables esto se da, debido a que este tipo de residuos son producidos generalmente a partir de actividades domésticas y comerciales rutinarias que no varían de manera relevante de una municipalidad a otra.

Esta información de los componentes es de un factor muy relevante para la frecuencia de recolección de los residuos, tomando en cuenta que la fracción orgánica es el de mayor componente, la frecuencia de recogida debe ser

suficientemente alta como evitar acumulación de este componente, ya que se pueden descomponer y producir olores antes de ser recogidos.

Otra bondad que se puede obtener de esta fracción la creación de una planta de tratamiento por biometanización y compostaje de la fracción orgánica de los residuos, para generación de energía eléctrica y sub productos mejoradores de suelo.

e. Densidad

La densidad analizada durante el muestreo, corresponde a la densidad suelta ya que la municipalidad no cuenta con un camión compactador por lo que se hará referencia bibliográfica de este valor, con lo establecido por Jacotín & Balladares (2010), en la tabla 23 se observa las densidades por día.

Tabla 23.- Densidad suelta

Día	Densidad suelta (kg/m³)
1	221,15
2	233,30
3	188,90
4	221,03
5	209.33
6	220,00
7	253,00
8	245,00
Promedio	226,06

La densidad promedio para el municipio de Yalagüina fue de 226.06 Kg/m³; el día que presentó mayor densidad fue el día 7 y 8, días en los que se registraron precipitaciones en la municipalidad mientras que el de menor densidad fue el día 3.

En un análisis de la relación que existe entre los factores ambientales y la densidad, se ve bien marcado en la caracterización, cuando se tienen un clima húmedo las densidades aumentan (Día 7 y 8) caso contrario de cuando el clima es más cálido (Día 3).

Se presenta en la Tabla 24, una tendencia de la densidad de algunas municipalidades en país.

Tabla 24.- Densidad suelta municipales en Nicaragua

Municipio	Densidad Kg/m³
Yalagüina	226.06
Pantasma ¹	265.00
San Carlos ²	182.00
Distrito 1, Managua ³	331.00
Santo Tomás	108.00
San Juan de Río Coco ⁴	280.00
Puerto Cabezas ⁵	278.00
Corn Island ⁶	187.00
Acoyapa ⁷	225.00
Jalapa ⁸	272.00
Malpaisillo ⁹	231.00
Estelí ¹⁰	268.00
Tipitapa ¹¹	444.60

Fuente: 1: Molina (1998), 2: Martínez (1997), 3: Dávila (1999), Arrechavala (1997), 5: Velázquez (1999), 6: Pérez (1997), 7: Poveda (2001), Tomado de Lacayo, (2005). 8: Flores, et al. (2002), 9: Díaz, (2007), 10 y 11 en Vílchez & Moraga (2010).

Algo importante a destacar de los resultados que se muestran en la tabla 24, es que ligado a los valores de densidad 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 más cálido y seco que el predominante en Yalagüina, obtiene valores de densidad más 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, máxime la capital de un país.

En municipios como Jalapa, San Juan de Río Coco y Puerto Cabezas que aparecen en la tabla, en los que se evidencia valores superiores a los de Yalagüina. 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.

7.2.3. Evaluación del manejo actual de los residuos sólidos

El manejo de los residuos sólidos municipales está a cargo de la Dirección de Servicios Municipales, de la alcaldía de Yalagüina. En total cuentan con un personal de 14 personas, directamente involucradas con el manejo de residuos sólidos, de los cuales 5 son los operarios que se encarga de la recolección de residuos sólidos, y el restante del barrido de calles.

a) Generación y almacenamiento

En el municipio de Yalagüina, las fuentes generadoras de residuos son, principalmente, las viviendas del municipio, 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.

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. Los recipientes utilizados por la población de Yalagüina para almacenar sus residuos varían en 7 formas, vistas como opciones independientes y combinadas.

Según resultados de la encuesta aplicada (pregunta No. 2. “Qué tipo de recipiente es mayormente utilizado en esta vivienda para almacenar los residuos sólidos generados a diario”), el tipo de recipiente mayormente utilizado para almacenar los residuos y presentarlos a fuera de sus casas previas al paso del camión recolector, es:

Saco de nylon 47%, Balde de plástico 17%, Bolsa plástica 17%, Barril Metálico (0.20m³) 9%, Caja de cartón 5%, Barril Plástico (variada capacidad) 3%, Barril cortado a la mitad (0.1 m³) 2%.

En la ilustración 13, se observa los diferentes tipos de recipientes de almacenamiento temporal usados en la municipalidad.

Ilustración 12.- Diferentes tipos de recipientes de almacenamiento temporal usados en la municipalidad



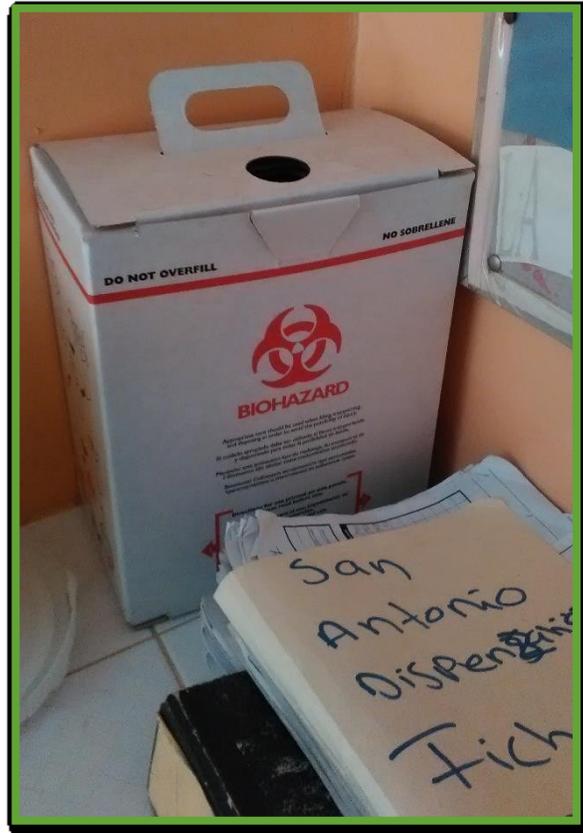
b) Separación

Como en todos los municipios del país, en el municipio de Yalagüina no se realiza la separación de los residuos sólidos por componente físico, principalmente por falta de cultura y conocimiento. La separación solamente se realiza en el Centro de Salud, en donde se clasifican y separan los residuos sólidos en peligrosos (biológicos, infecciosos, cortopunzantes) y en no peligrosos, utilizando recipientes destinados para cada tipo de residuos.

Los residuos sólidos peligrosos cortopunzantes, 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, ver ilustración 14.

Ilustración 13.- Cajas utilizadas para el almacenamiento de agujas y jeringas en



el centro de salud

Durante la recolección, los operarios de limpieza separan los artículos y objetos que les pueden servir de utilidad, así como algunos materiales reciclables, como latas o plástico. En el lugar de disposición final, un grupo de personas ajenas a la Alcaldía, realiza la separación de materiales reciclables, los cuales son vendidos a centros de acopio de la zona.

c) Barrido de calles

Como en todo el país, el barrido de calles se realiza de forma manual, utilizando carretones, escobas y palas. La cobertura del barrido de calles abarca la zona central, la carretera panamericana, y algunos barrios de los alrededores. Son 8 los operarios que se encargan de 8 zonas asignadas a cada uno. El Parque

Central cuenta con un operario permanente. A cada operario se le entrega un carretón metálico, una escoba, una pala redonda y otra cuadrada, y un machete.

El barrido de calles es atendido de lunes a sábado, de 7:00 am a 2:00 pm. Solamente se cuenta con una lista de los barrios atendidos por operario, y no se tiene una estimación de las cuadras cubiertas, por lo que no se conoce un porcentaje de cobertura. Tampoco se cuenta con un plano en el que se muestren las rutas correspondientes a cada operario.

El Supervisor de Servicios Municipales es el encargado de la supervisión del barrido de calles, así como de la recolección de residuos. 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.

El Director de Servicios Municipales indica que muchas 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 la zona que le está asignada, por el cumplimiento de estas actividades. Esto provoca que dicha zona se le asigne a otro operario, sobrecargando al operario y a la realización de su trabajo.

d) 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. Se prioriza completar la ruta de recolección antes de mediodía, pero cuando no se completa, la recolección sigue por la tarde, hasta las 2:00 PM.

No cuentan con mecanismo de alerta a la población para avisar que el tren de aseo se encuentra en el barrio. Los usuarios se percatan de la presencia de éste

por el ruido del motor, y entre vecinos se avisan, esto a su vez ocasiona que solamente la población que se encuentra en las vías principales tenga oportunidad de presentar sus residuos.

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

- Uso del camión para otras actividades: acarreo de materiales, alimentos donados, personas, 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.

Para la recolección, la Alcaldía cuenta con un solo camión marca Ford, modelo L9000 de tipo volquete, con una tina de 13 m³ de capacidad. Este camión tiene 3 años de uso y se encuentra en buen estado, y si este recibe el mantenimiento debido, puede durar mucho tiempo más.



Ilustración 14.- Unidad de recolección y cuadrilla durante el recorrido

Al inicio de cada jornada se realiza un chequeo rápido, para comprobar las condiciones del camión. Se le da un mantenimiento mayor 3 veces al año, el que consiste en el chequeo de llantas, batería, cambio de aceite, revisión del sistema eléctrico e hidráulico, entre otros.

Debido al tipo de trabajo que realizan los camiones, estos se deterioran más 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.

Como solamente hay una unidad recolectora, también hay una cuadrilla. Esta cuadrilla está compuesta por 5 personas, el conductor del camión, y 4 operarios.

Durante el recorrido, se va atendiendo, a la misma vez, ambos lados de las calles por donde pasa el camión, por dos operarios que retiran los residuos sólidos de las casas o aceras, y otros dos que van en el camión, acomodando la basura. Los operarios cuentan con una campana, la cual suenan cada vez que pasan por una esquina, para avisar a la población del recorrido de recolección.

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 una semana, 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 de recolección.
- En muchas casas, los operarios tenían que golpear las puertas, o esperar a que los pobladores sacaran los residuos sólidos, a pesar de que se toca la campana como forma de aviso del recorrido. Solamente en los lugares

a los que el camión no puede acceder, los pobladores disponen los residuos en las esquinas de las calles, ver ilustración 16.



Ilustración 15.- Acumulación de residuos sólidos domiciliarios y de jardinería

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 100%, 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.

e) 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 la única unidad recolectora con que cuenta la Alcaldía, el día lunes 19 de octubre del 2016, ver tabla 25.

Tabla 25.-Resultados de medición de macro y microruteo

Valores promedios de la medición de macro y microruteo	
Ruta de recolección	1
Barrios	Casco Urbano, Alfonso Pascual, Los Ramos, Cerro grande, La esperanza, El Chagüite y cofradía.
Distancia recorrida (km)	9,74
Tiempo efectivo de recolección (microruteo) (h)	3,90
Tiempo no empleado en la recolección (macroruteo) (h)	0,64
Macroruteo + microruteo	4,54
Viajes efectuados al botadero	2

Al obtener la relación entre el tiempo efectivo de recolección, y el tiempo total de recolección, el índice de eficiencia resulto en 0,86. Ciertamente, este es un valor de eficiencia muy alto, comparado con otros municipios, que indica que los operarios no pierden el tiempo y se dedican exclusivamente a la recolección de los residuos, 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.

Cabe destacar que esta eficiencia solamente está relacionada con la variable tiempo, y no con otras variables. Si al momento de determinar eficiencia del servicio de recolección, se toman en cuenta otros aspectos, como los mencionados anteriormente, obviamente la eficiencia disminuye drásticamente.

La única ventaja que se tiene, con respecto al índice de eficiencia, es la dimensión geográfica del municipio, ya que, por la cercanía del botadero, la distancia recorrida desde la última casa hasta el botadero es menor, por lo que el tiempo invertido es menor, lo que hace que el valor de eficiencia sea alto.

Otro factor que afecta el tiempo de recolección es la falta de cooperación de la población, porque en muchas casas los residuos no se encuentran afuera de las casas, así hay que tocarles la puerta para que los entreguen. Así mismo, el hecho de utilizar recipientes como sacos y barriles, atrasa el recorrido ya que la población espera por sus recipientes, por lo tanto, los operarios tienen que devolvérselos.

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.

A continuación, se comparan los resultados de macro y microruteo obtenidos, con los de las ciudades de Diriamba y Estelí.

Tabla 26.- Comparación de los datos de macro y microruteo obtenidos con otras ciudades

Ciudad	Tiempo efectivo de recolección	Tiempo no empleado en la recolección	Distancia recorrida (km)	Índice de eficiencia
Yalagüina	3,90	0,64	9,74	0,86
Diriamba	2,80	1,33	29,00	0,65
Estelí	3,52	1,93	48,30	0,65

En la Tabla 26 se muestra que Yalagüina, a pesar de ser la ciudad con la menor distancia recorrida, presenta el mayor tiempo efectivo de recolección, esto por los aspectos que han sido mencionados anteriormente: la acumulación de los residuos sólidos, la frecuencia de recolección y la falta de planificación de las rutas.

Si bien es cierto que en las otras dos ciudades (Diriamba y Estelí), al momento de la medición del macroruteo y el microruteo, presentaban el mismo problema de falta de planificación de las rutas de recolección, la frecuencia de recolección es distinta, y es por eso de que el tiempo efectivo de recolección se ve reducido. En Estelí, a pesar de que es una ciudad mucho más grande que Yalagüina, presenta un tiempo cercano, pero menor.

f) Tratamiento y disposición final

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.

Los residuos sólidos que son recolectados cada vez que se realiza el recorrido, son depositados en el vertedero municipal, está ubicado a 1.5 km al norte del Cementerio municipal de Yalagüina, ver ilustración 17.

Ilustración 16.- Condiciones del botadero



El vertedero no es más que un vertedero a cielo abierto, sin ningún tipo de control. Obviamente, los residuos sólidos no son sometidos a ningún tipo de tratamiento antes de ser depositados.

Esto es un gran problema por el grado de contaminación ambiental que representa. Los residuos sólidos son depositados por el camión, se pueden observar una gran cantidad de desechos dispersos, y que han sido arrastrados por el viento. Los residuos sólidos generan una gran cantidad de lixiviados que se infiltran en el suelo, y que también son arrastrados por la corrientes de invierno, ver ilustración 18.



Ilustración 17.- Desechos dispersos en áreas del sitio de disposición final

El camino de acceso al botadero se encuentra en un estado favorable. Esto porque hasta cierta parte se encuentra adoquinado, por la cercanía de las casas, y luego siguen unos 1000 m aproximadamente, de camino de macadam, que no presenta un deterioro mayor.

El terreno no cuenta con vigilante asignado por la Alcaldía. Además, se mantiene 3 personas que se dedican a actividades de búsqueda y separación de materiales determinados. Los principales tipos de residuos recuperados, son plásticos como envases de bebidas carbonatadas y bidones para almacenar aceite de cocinar.

Éstos son comercializados directamente por las personas del vertedero a intermediarios locales y empresas acopiadoras de materiales. La Alcaldía no tiene control sobre los separadores del vertedero, por lo que no lleva registros de la cantidad ni el tipo de material que se recupera.

g) Seguridad e higiene laboral

La Dirección de Servicios Municipales indica que a los operarios se les entrega su equipo de protección (uniforme, botas, 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, esto lo realizan a lo largo de todo el recorrido, sin cambiar con los operarios que esperan arriba del camión para acomodar los residuos.

Esta acción representa un riesgo para la salud de estas personas ya que se exponen a sufrir de hernia. Así mismo, los operarios encargados de acomodar los residuos, no usan mascarillas ni zapatos adecuados, exponiéndose al contacto directo con los residuos, ver ilustraciones 19 y 20.

Ilustración 18.- Levantamiento de barriles repletos de basura por parte de los operarios



El día que se tomaran las fotografías, correspondió a un día donde el camión fue utilizado para otras actividades políticas de la municipalidad, este evento es recurrente por que se alquila un camión a un poblador.

Ilustración 19.- Condiciones de trabajo de los operarios de recolección



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:

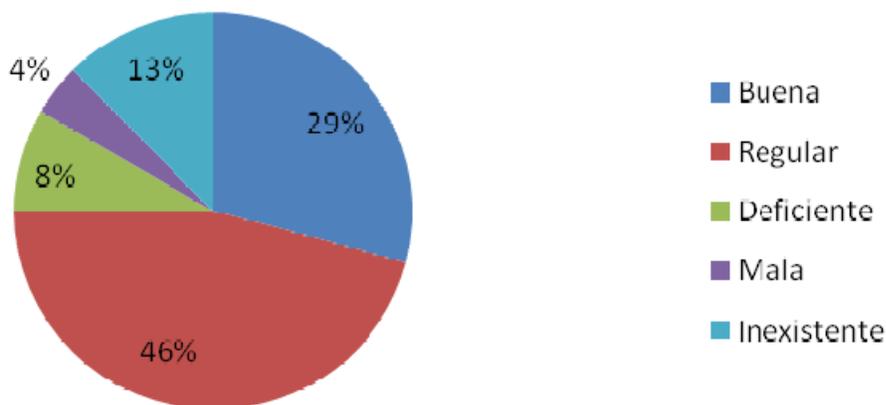
- Al no usar la mascarilla, se inhalan olores, gases y partículas que pueden causar malestar y enfermedades.
- El no uso de guantes, se pueden pinchar o cortar las manos con objetos punzo cortantes (riesgo de tétano, heridas infecciosas, etc.).
- No se usan botas indicadas para el trabajo y se exponen 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.

A este equipo de trabajo se le paga por día trabajado, sin contrato alguno, razón por la cual no cuentan con cheques ni seguro médico.

h) Opinión de los pobladores sobre la gestión de servicios municipales

Se les preguntó a los encuestados su opinión sobre la gestión actual de la Alcaldía con el manejo que se le da a los residuos sólidos y como se observa en el Gráfico 3, la respuesta fue que un 46% tiene una opinión del servicio como regular, esto atribuido al hecho de que se colocaron recipientes para almacenar residuos de limpieza pública, y a la limpieza de calles y áreas públicas, ver gráfico 3.

Gráfico 3.- Opinión de los encuestados sobre el manejo de los residuos sólidos por parte de la Alcaldía



Sin embargo opinan que hacen falta más medidas para que la gestión sea completa, muchos se sienten inconformes con la disposición de los recipientes para almacenar residuos de limpieza pública dado que la gente ubica todo tipo de desechos generando que su capacidad se rebase en pocas horas, creando aglomeración de los residuos en los recipientes, los cuales son volteados por burros, perros y cerdos, facilitando la dispersión de estos en las calles.

Creando incomodidad en los habitantes aledaños a los recipientes, y a los peatones que circulan en el área.

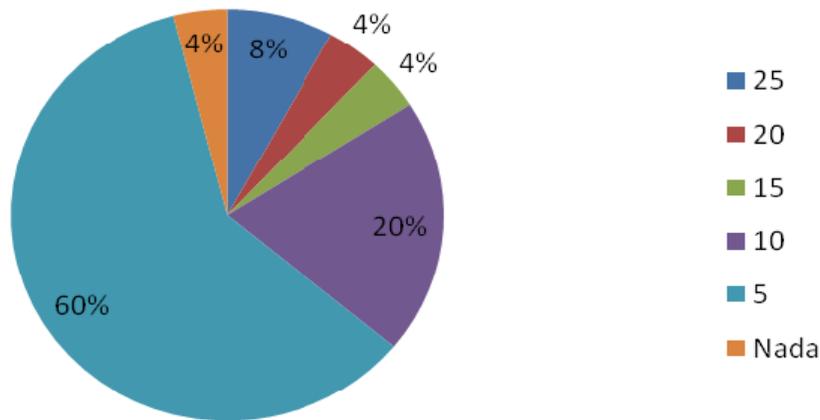
De los encuestados el 13% dicen que el servicio es inexistente, esto debido principalmente a que en sus barrios no se percibe el servicio, ni la ubicación de

recipientes para almacenar residuos de limpieza pública, ni la limpieza de calles en el mismo.

Para la información de capacidad de pago los encuestados respondieron tener disposición a pagar; después de una explicación de todos los costos implicados en el servicio de recolección, transporte y disposición adecuada; es decir, un servicio eficiente, continuo, y que no represente ningún peligro al ambiente y salud.

Al recabar esta información también se encontró que los encuestados desconocían que la Alcaldía dispuso un cobro por el servicio, ya que no se les informó ni cobró por el mismo, ver gráfico 4.

Gráfico 4.- Capacidad de pago mensual por la prestación del servicio de



recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos

Un 60% declara tener la capacidad de pagar cinco córdobas, estos datos de pago fueron puestos de referencia únicamente, ya que son los equivalentes al cobro que se realizan en municipios vecinos. Un 20% tiene la capacidad de pagar 10 córdobas mensuales. Los dueños de negocios (pulpería, distribuidora, comedor, hospedaje) no sienten la capacidad de pagar el costo máximo por el servicio.

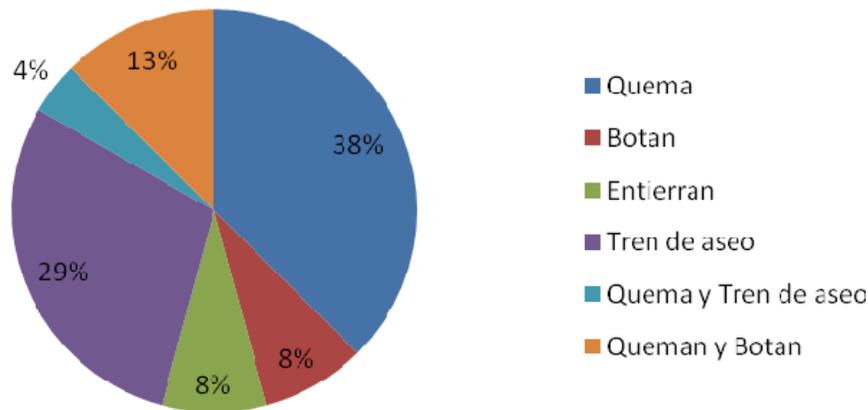
Únicamente el 4% encuestado declaró no tener capacidad de pagar nada, esta respuesta fue dada por dificultades económicas y la creencia de que el manejo que le da a sus residuos es adecuado por lo cual no sienten la necesidad de pagar para incorporar sus residuos en el tren de aseo.

En lo que respecta a la disposición de los residuos opinaron lo siguiente:

Los pobladores que no están haciendo uso del servicio de recolección un 71%, tratan sus residuos de una manera tradicional; ya sea enterrándola y/o quemándola o disponiéndola en botaderos ilegales, como se muestra en el Gráfico 5, esto debido a:

- Desconocimiento de la importancia de integrar sus residuos al tren de aseo
- Desinformación de los días y horas que pasa el mismo
- Falta de consistencia en la frecuencia por parte de la Alcaldía
- El recorrido del tren de aseo no incluye todas las calles de los barrios

Gráfico 5.- Tratamiento de los residuos en los sitios encuestados



7.3. Paso No. 3: Establecimiento de los objetivos y alcances del PIGARS

El presente Plan Integral de Gestión Ambiental de Residuos sólidos (PIGARS-2016-2036) para el municipio de Yalagüina, fue diseñado con el objetivo de implementar un manejo integral de los residuos sólidos procedentes de todos los barrios y las comunidades del municipio.

El PIGARS – Yalagüina 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 higiénico-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 Residuos sólidos (PIGARS-2016-2036), 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 el municipio de Yalagüina.

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. Alcance

Para cumplir los objetivos propuestos en el PIGRAS- Yalagüina, se ha definido un horizonte de planeación de 8 años. El área geográfica comprendida en el PIGRAS- Yalagüina, incluye todos los barrios del municipio y comunidades.

7.4. Paso No. 4: Definición de lineamientos estratégicos

Los lineamientos estratégicos seleccionados en la elaboración del Plan de Acción del PIGRAS- Yalagüina, 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.

7.4.1. Periodo de planificación

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

- Corto plazo: De 0 a 2 años (2016 – 2017).
- Mediano plazo: De 3 a 5 años (2018 – 2020).
- Largo plazo: De 6 a 15 años (2021 – 2030).

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. Las acciones expresadas en un periodo de 2017 al 2025 son de carácter permanente.

7.4.2. Actores sociales involucrados en la ejecución del Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos

PIGARS- Yalagüina fue diseñado para beneficiar al municipio; es por esto que, para su adecuada ejecución, se requiere de la acción conjunta de los distintos

sectores sociales tanto privados como públicos, siendo la Alcaldía el ente coordinador del mismo. Los actores involucrados identificados son los siguientes:

- **Policía Nacional**

La Policía Nacional es la encargada de establecer el orden público y la seguridad de la población afirmando el cumplimiento de las leyes; por lo que su presencia se hace indispensable en actividades como la clausura de botaderos ilegales, campañas de limpieza, en eventos públicos, entre otros.

- **Ministerio de Salud (MINSA)**

Una de las funciones del MINSA es contribuir a la mejora de las condiciones de salud de los pobladores. Por lo que debe trabajar en conjunto con la municipalidad para asegurar las condiciones higiénico-sanitarias del municipio, participando en las campañas de sensibilización ambiental, en campañas de limpieza, en capacitaciones a la población y personal de servicio y emitiendo multas y sanciones a quienes alteren dichas condiciones.

- **Ministerio de Educación (MINED)**

Al ser el responsable del sistema de educación básica y media, el MINED debe diseñar e implementar estrategias relacionadas con la educación ambiental en los colegios públicos y privados del municipio, incentivando en los niños y jóvenes una conciencia ambiental a través de campañas de sensibilización, de reciclaje, separación y re-uso de residuos sólidos.

- **Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA)**

El MARENA como institución encargada de la conservación, protección y el uso sostenible de los recursos naturales y del ambiente, formula, propone, dirige y supervisa el cumplimiento de las políticas nacionales del ambiente, así mismo debe orientar actividades dirigidas a la sensibilización ambiental de la población. Por lo cual debe brindar su apoyo a la municipalidad en las campañas de limpieza, campañas de educación ambiental, capacitaciones de temáticas ambientales y planificación de proyectos.

- **Juzgado Local**

Es la entidad pública encargada de la aplicación de la justicia, por lo cual debe hacer cumplir las leyes y asegurar el pago de las multas y sanciones.

- **Líderes comunales y religiosos.**

Una comunidad organizada facilita la implementación de campañas de educación y sensibilización ambiental para la población, por lo que los líderes comunales y religiosos son claves en la comunicación entre la municipalidad y la población.

- **Sector privado**

El sector privado debe ser un promotor del cumplimiento de las regulaciones emitidas por la municipalidad relacionadas a la prestación del servicio de recolección y limpieza, así mismo puede apoyar económicamente a la misma, participar en campañas ambientales y desarrollar capacitaciones internas.

- **Organizaciones no Gubernamentales (ONG´s)**

Las ONG´s son entidades de carácter privado, con fines y objetivos humanitarios y sociales, por lo cual pueden apoyar a la Municipalidad con recursos humanos y económicos para el desarrollo e implementación del PIGARS- Yalagüina.

7.5. Paso No. 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.

Tabla 27.- Acciones enfocadas al fortalecimiento de la gestión institucional.

		Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina			
Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión Institucional					
Objetivo: Fortalecer la gestión gerencial y administrativa de la Municipalidad relacionada con el manejo de los residuos sólidos municipales.					
Metas: <ul style="list-style-type: none"> • 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 los residuos sólidos. • Crear políticas de incentivos a los operarios para garantizar mayor eficiencia en el servicio. 					
No.	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.	Documento del estudio	Concejo Municipal, Dirección de Servicios Municipales	Director de Servicios Municipales, Alcalde	I semestre 2018
2	Desarrollo de instrumentos de seguimiento y control (registros)	Documentos de registro	Dirección de Servicios Municipales	Personal de Servicios Municipales	I semestre 2018



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión Institucional

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
3	Creación y aplicación de indicadores para el seguimiento y control del sistema de gestión y manejo de residuos sólidos (Ver Anexo 11. Propuesta de indicadores de control y seguimiento)	Numero de indicadores creados	Dirección de Servicios Municipales Dirección de Recursos Humanos, Dirección de Servicios Municipales,	Personal de Servicios Municipales	2017 – 2024
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	Dirección de Servicios Municipales, Dirección de Medio Ambiente		2017 - 2024
5	Actualización del catastro de usuarios del servicio de recolección y limpieza	Documentos de Registro actualizados	Direcciones de Servicios Municipales, Finanzas y Recaudación	Personal de Finanzas, de Servicios Municipales, de Recaudación	I semestre 2017



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión Institucional

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
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 2018
7	Adquisición de nuevos equipos recolectores	Compra de un tractor o un camión, mínimo, cada cinco años	Alcalde	Alcalde, Directores de Finanzas y Servicios Municipales	2018 - 2024
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 2018
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, Supervisor de	II semestre 2018



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión Institucional

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
10	Establecimiento de una normativa obligatoria para los operarios del servicio de recolección y limpieza, dentro del Reglamento Interno, para la realización de chequeos médicos obligatorios y periódicos.	2 chequeos médicos al año	Concejo municipal	Dirección de Recursos Humanos, MINSA, personal de Servicios Municipales	2017 - 2024
11	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	2017 - 2024
12	Adquisición de carpa para cubrir los residuos sobre los camiones recolectores	1 carpa	Dirección de Servicios Municipales	Director de Servicios Municipales	
13	Mejoramiento y mantenimiento permanente del camino de acceso al vertedero	Al menos 1 vez al año	Concejo Municipal	Alcalde, Director de Servicios Municipales	



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión Institucional

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
14	Elaboración de un Estudio de Prefactibilidad técnica, económica y ambiental para la construcción de un Relleno Sanitario, siguiendo las proyecciones mostradas en la Tabla 10	Documento del Estudio de Diseño	Concejo Municipal	Alcalde, Director de Servicios Municipales	II semestre 2017
15	Establecimiento de acuerdos intermunicipales con alguna de las alcaldías cercanas (Jinotepe o Diriamba) 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 Residuos sólidos (En caso de no contar con el espacio adecuado para la construcción de un relleno sanitario)	Documento del acuerdo		Alcaldes y Directores de Servicios Municipales de la Alcaldía de Yalagüina y de la Alcaldía con la que se haga el acuerdo	II semestre 2017



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión Institucional

No.	Acciones	Indicadores	Unidad ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
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	2018
17	Realización de auditorías internas	1 auditoria anual	Concejo Municipal	Alcalde, Director de Servicios Municipales	2018 - 2025
18	Desarrollo de una estrategia de marketing o publicidad de carácter continua y permanente, sobre los cambios que se vayan a incorporar al servicio, para el conocimiento de la población.	Mínimo 3 tipos de propagandas publicitarias, diseñadas e implementadas cada año	Dirección de Servicios Municipales, Oficina de Participación Ciudadana	Población, Personal de la Alcaldía	



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento de la Gestión Institucional

No.	Acciones	Indicadores	Unidad ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
20	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	II semestre 2018
21	Rotulación de puertas de la unidad de recolección, con numero de telefónico de la Alcaldía, para mejorar la comunicación con la población	Número de llamadas mensuales	Dirección de Servicios Municipales	Población, personal de Servicios Municipales	II semestre 2018

Tabla 28.- Acciones enfocadas al fortalecimiento del marco legal



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

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.

No.	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	2018
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		Alcalde, Unidad de Asesoría Legal, Direcciones de Medio Ambiente y Servicios Municipales,	2018 - 2025



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento del Marco Legal

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
3	Asesoría externa, y actualización continua en la temática de legislación aplicable	Numero de capacitaciones impartidas al año	Concejo Municipal	Alcalde, Unidad de Asesoría Legal, Direcciones de Medio Ambiente y Servicios Municipales, MARENA	I semestre 2017
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			II semestre 2017
5	Divulgación en el municipio, sobre la aprobación de las nuevas Ordenanzas	1 Charla al personal de la Alcaldía, y 1 presentación a la población en general		Unidad de Asesoría Legal, Dirección de Servicios Municipales y Medio Ambiente	2018 - 2025
6	Desarrollo y aplicación de instrumentos para multas y sanciones	Número de multas al mes			II semestre 2018



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

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

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
1	Presentación del Plan de Acción a la mesa de cooperantes con ONG's e Instituciones presentes en el municipio o en la región	Numero de organismos de cooperación apoyando el Plan de Acción	Concejo Municipal	Alcalde, Directores de Servicios Municipales y de Medio Ambiente, ONG's, Instituciones, Sector privado	I semestre 2017
2	Realización de un estudio técnico – socioeconómico para la reestructuración de las tarifas de servicio de recolección de residuos sólidos	Documento del estudio		Alcalde, Director de Servicios Municipales, Departamento de Recaudación	



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento Económico

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
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	I semestre 2017
4	Establecimiento de colectores específicos para el cobro por los servicios de recolección y limpieza		Concejo Municipal		II semestre 2017
5	Incorporación del cobro por limpieza luego de eventos públicos				2018 – 2025
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	2018 – 2025



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Fortalecimiento Económico

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
7	Establecimiento de un acuerdo con los trabajadores no formales (segregadores) para la valorización de materiales recuperados en el vertedero municipal	Documento del acuerdo	Concejo Municipal, Direcciones de Servicios Municipales y de Medio Ambiente	Alcalde, Director de Servicios Municipales, MARENA, personal de Medio Ambiente, Sector Privado	I semestre 2018
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			2018
9	Definición de un área para el almacenamiento temporal y exclusivo de residuos recuperados en el vertedero.	Área definida			

Tabla 29.- Acciones enfocadas a la capacitación y asistencia técnica

		<p>Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina</p>			
<p>Lineamiento: Capacitación y Asistencia Técnica</p>					
<p>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</p>					
<p>Metas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. 					
No.	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 cada 6 meses	Concejo Municipal, Dirección de Servicios Municipales	Responsable de Capacitación, personal de Servicios	I semestre 2018
2	Capacitación de personal en el uso de softwares especializados (AutoCAD y ArcGIS)	Certificado de curso aprobado	Concejo Municipal	Directores de Servicios Municipales y de	



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Capacitación y Asistencia Técnica

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
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 2018
4	Realización de capacitaciones técnicas-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	2018 – 2025
5	Incorporación de elementos para evaluar al personal capacitado en los programas de capacitación	1 evaluación cada 3 meses			



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Capacitación y Asistencia Técnica

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
6	Diseño y oficialización de guías prácticas para la elaboración de planes de minimización y clasificación de residuos, para que instituciones, fabricas, empresas e industrias para que puedan elaborar sus propios planes	Numero de guías prácticas diseñadas y publicadas. Numero de planes sectoriales elaborados, aprobados y en ejecución a partir de la publicación de guías practicas	Dirección de Servicios Municipales, Oficina de Participación Ciudadana	Director de Servicios Municipales, sector público, empresas privadas	I semestre 2018

Tabla 30.- Acciones enfocadas a la educación ambiental y participación ciudadana

		Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina			
Lineamiento: Educación ambiental y participación ciudadana					
Objetivo: Fomentar una conciencia ambiental en la población de los diferentes estratos sociales, económicos y políticos promoviendo así su participación en el manejo de los residuos sólidos.					
Metas: <ul style="list-style-type: none"> • 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. 					
No.	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 residuos comunes, patológicos y especiales, Normas aplicables.	Número de capacitaciones al año	Dirección de Servicios Municipales, Departamento de Medio Ambiente	MINSA, personal de Servicios Municipales, Medio Ambiente y Oficina de Participación Ciudadana, MARENA, Dirigentes sociales, MINED	2018 – 2025



Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales para el municipio de Yalagüina

Lineamiento: Educación ambiental y participación ciudadana

No.	Acciones	Indicadores	Unidad Ejecutora	Actores	Periodo de Ejecución
2	Comunicación trimestral a la población de la información relacionada al manejo de los residuos sólidos municipal.	Documento de Informe cada 3 meses	Dirección de Servicios Municipales	Personal de Servicios Municipales	2018 - 2025
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	2018
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)	Concejo municipal	MINSA, personal de Servicios Municipales y Medio Ambiente, Alcalde, MARENA, Policía Nacional	2017 - 2024
5	Apoyo a otros organismos en campañas de concientización ambiental.	Número de campañas		Alcalde, ONG's	

7.5.1. 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 – Yalagüina 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.
- Desarrollar una presentación del PIGARS – Yalagüina ante la mesa de donantes, con el fin de conseguir recursos financieros para alcanzar las acciones propuestas en el Plan de Acción.
- 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.
- Crear, estructurar, legalizar e implementar una Comisión Municipal de Manejo de Residuos Sólidos, tal como lo establece la Política Nacional sobre Gestión Integral de los Residuos Sólidos (2016 - 2023), la cual estará presidida por el Alcalde Municipal e integrada por representantes de las instituciones del Estado con presencia en el territorio, miembros de ONG's locales, sector privado, organizaciones de la sociedad civil, entre otras.
- 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 - Yalagüina 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 PGIRS.
- En coordinación con el Ministerio de Educación (MINED), desarrollar una propuesta de reformas educativas para todos los niveles del sector educativo
en el municipio de Yalagüina, 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.
- La estrategia de comunicación y divulgación del Plan se debe de realizar en un mediano plazo, para asegurar la participación ciudadana en la

ejecución del Plan de Acción.

- 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 micro-ruteo.
- Actualizar y aplicar el Plan de desarrollo urbano y el catastro de usuarios del servicio de recolección de residuos.
- Aplicar el Método de las 5 S en la Municipalidad, en el que se debe eliminar del espacio de trabajo lo que sea inútil, organizar el espacio de trabajo de forma eficaz, mejorar el nivel de limpieza de los lugares y prevenir la aparición de la suciedad y el desorden. Así se mejorarán las condiciones de trabajo y la moral del personal (es más agradable trabajar en un sitio limpio y ordenado), la seguridad en el trabajo, entre otros.

7.5.2. Evaluación, control y seguimiento del Plan de Acción

La evaluación, control y seguimiento del Plan de Acción, estará a cargo de la Dirección de Servicios Municipales, con el apoyo de las demás direcciones de la Municipalidad involucradas y de la Comisión Municipal de Manejo de Residuos Sólidos. Para lograr el control y seguimiento del Plan, se debe evaluar la efectividad y avances de éste a través de reuniones periódicas entre los diferentes actores y de la aplicación de indicadores, de esta forma identificar las debilidades en su aplicación y atenderlas de forma inmediata.

Los resultados deberán ser publicados anualmente, a través de un informe por el personal a cargo.

Es necesaria la revisión y actualización periódica del Plan de Acción, de acuerdo a los logros y resultados obtenidos en el período de ejecución, preferiblemente una vez al año. Esta acción debe incluir la revisión de las tarifas del servicio recolección y limpieza, como base de recursos financieros para implementar el Plan de Acción.

7.6. Disposición final de los residuos sólidos y sub productos

7.6.1. Evaluación de sitio

En la tabla 31, 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).

Tabla 31.- Evaluación del sitio

CONSIDERACIONES	VALORES GUIAS	VALORES REALES	CUMPLIM DE VALORES	% DE CUMP. Y GUIA	PUNTAJE
Distancia del perímetro urbano 500 m	>500	1.5 km.	Si	100%	4
Tiempo de traslado del centro urbano al sitio del R. Sanitario	<30 min.	15 min.	Si	100%	4
Ubicación con respecto a los vientos	Sotavento	Si	Si	100%	4
Protección a los Recursos Naturales	Condiciones Ambientales	Si	Si	100%	4
Alejado de las fuentes de agua superficiales.	> 150 mts.	Si	Si	100%	4
Profundidad del manto freático	> 10mts.	68.63 mts.	Si	100%	4
Coefficiente de permeabilidad bajo	2.1×10^{-3} cm. /seg.	1×10^{-6} Cm. /seg.	Si	50%	4
Compatibilidad con el desarrollo urbano	Si	Si	Si	100%	4
Vida Útil	> 10 años	20 años	Si	100%	4
Cercanía del material de cobertura	Dentro del terreno	Se localiza en el sitio	Si	100%	4
Propiedades del material de cobertura	Arcilloso arenoso	Limo-arcilloso	Si	75%	3
Pendiente promedio mínima del T. Natural	1%	4	Si	100%	3
Costos y proceso de adquisición del terreno (tenencia)	Propiedad de Alcaldía	Propiedad de la Alcaldía	Si	100%	4
Total					51.00

7.6.2. Descripción de los resultados de la evaluación del sitio de disposición final de los desechos sólidos

El sitio adquirido está ubicado a 1.5 kilómetros del centro de la ciudad. El sitio describe una pendiente negativa moderada entre 2 al 4 % partiendo de la parte frontal del terreno suroeste abarcado aproximadamente 75% de dicho terreno, y el resto que va hacia la dirección noreste, cuenta con pendientes que van de 30 hasta 40%.

Se estimó que la pendiente existente en la primera parte y que abarca el 75% del terreno sea suficiente para lograr la canalización del drenaje pluvial y del líquido percolado lixiviados, este último hacia los canales de recolección que lo conducirán hacia la planta de tratamiento.

Según observaciones realizadas in situ este terreno. Se considera que la segunda parte del terreno con pendientes pronunciados sea apta para construir el sistema de tratamiento de los lixiviados.

El Ministerio del Ambiente de Nicaragua en su ley orgánica sobre el medio ambiente en concreto al tema de manejo de residuos sólidos, si exige Evaluación de impacto ambiental cuando la población involucrada es de esta magnitud.

Hasta este punto, los parámetros analizados indican que el sitio propuesto reúne las condiciones que lo hacen factible para la implementación de un relleno sanitario como sistema de disposición final. Se hace notar la plena disposición de las la administración de la Ciudad de Yalagüina para llevar a cabo este proyecto con prontitud.

7.6.3. Estudio de suelo

Del análisis del estudio de suelo realizado a los materiales extraídos de los sondeos, podemos asegurar que el subsuelo, hasta las profundidades exploradas, se encuentra compuesto básicamente por arcillas orgánicas, limos inorgánicos y arenas limosas de diferentes colores en los diferentes estratos y espesores.

En orden descendente los materiales encontrados fueron los siguientes:

Desde los 0.00 metros hasta los 2.00 metros, del tipo OH según la clasificación SUCS; El suelo es de Arcilla de alta plasticidad, baja compresibilidad, con material vegetal, color café y color rojizo claro. Variando a los 2.00 metros a color café con pintas blancas; La composición granulométrica de estos suelos es de 0% de partículas gruesas, de 0% de partículas de arena y de 100% de finos.

La humedad de suelo a los 1.20 metros fue de 14.80 %. La exploración manual llegó a los 2.00 metros debido a la presencia de suelo consolidado, no se encontró el Nivel Freático.

En caso de realizar las obras de base de los rellenos Sanitarios el peso específico a considerar para comprobar la capacidad de los estratos encontrados se determina de la siguiente manera:

Considerando una densidad de Desechos sólidos estable de 700 Kg. /m³ que es la que se ha tomado en cuenta para calcular y diseñar los volúmenes y áreas requeridos, se tiene:

Peso de Aplicación (solicitud) PA= (Peso DS + % Peso de aplicación del camión de recolección o compactador)/ área específica de carga

Peso DS= 700 kg/m³/m² x H (m)

H = altura total del relleno = 7 m

Peso DS = 700 Kg. / m³/m² x 7 m

Peso DS = 4900.00Kg. /m²

% Peso de aplicación del camión o compactador = 5000 Kg. / Área de aplicación de carga del camión (2.5mx3m) 10,000cm²/m²

% Peso de aplicación del camión o compactador = 5000Kg./7.5 m²

% Peso de aplicación del camión o compactador = 666.67 Kg. /m²

PA = (4900 kg/m² + 666.67 kg/m²) / 10000 cm²/m² = 0.55 Kg. / cm²

Tomando en cuenta la capacidad de carga del terreno de 1.00 Kg. /cm²., hasta los 3.66m como resultados se puede esperar un comportamiento creciente a medida que descendemos a estratos inferiores a este nivel.

Por lo tanto, considerando la profundidad proyectado para la construcción del relleno Sanitario de 5 metros más 1 metro para la conformación de las capas de bases de impermeabilización, el estrato encontrado a 5 metros de profundidad soportara las solicitaciones a las cuales será sometida sin causar asentamiento desigual en el fondo del relleno. No habrá por lo tanto necesidad de aumentar capacidad de carga de dicho estrato.

Para construcción de relleno sanitario

Estos suelos con este nivel de conductividad hidráulica y esta capacidad de excavación facilitaran en gran medida la construcción de capas de base para la impermeabilización del relleno, así como para ser utilizado como material de coberturas intermedias.

Siguiendo estas recomendaciones estamos seguros de contar con un factor de seguridad tal que los asentamientos que pueda sufrir la estructura en el caso de eventos sísmicos moderados, serán tolerados por la misma. Además hay que seguir las recomendaciones generales siguientes:

1. En cualquiera de las soluciones a usar, es recomendable antes de comenzar con los trabajos de movimiento de tierra, limpiar el terreno de arbustos, grama y cualquier otra vegetación.
2. No se debe mezclar el material expuesto con este desperdicio y todo material contaminado generado durante las operaciones preliminares deberán disponerse fuera del área de trabajo.
3. Las raíces de árboles deberán ser removidas por lo menos 1.0m por debajo del Nivel exterior del Piso de la construcción o de la superficie existente, cualquiera que tenga el nivel más bajo.

4. Cualquier material orgánico, ripio, entre otros. Encontrado durante las operaciones de movimiento de tierra, también deberán ser eliminados.

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

Se utilizó el método de proyección Geométrica de la población, tomando como población base el año 2017 con una población de 5,024 habitantes municipio de Yalagüina y comunidades cercanas al casco urbano como son Cerro grande, La esperanza, El Chagüite y Cofradia. Se consideró como una economía homogénea.

A manera de cálculos, utilizando las informaciones de caracterizaciones disponibles sobre los residuos sólidos de la ciudad de Yalagüina PPC, Densidad suelta, Porcentaje de los componentes, así como los datos relacionados con la población total 5,024 habitantes, la tasa de crecimiento 3.38 % anual, la cobertura de recolección 90% se procedió a determinar tanto la población servida así como la cantidad de residuos sólidos, proyectados a 20 años.

En seguida se presentan las tablas de cálculos realizados:

Tabla 32.- Proyección de población y generación de residuos

Nº Año	Tasa de cre./año (%)	Población proyectada (hab./año)	Cobertura (%)	Población Servida (# hab.)	PPC (Kg./Hab./ día)	Ds Generada (Kg./día)
2017	3.38	5,024	90		0.57	
1	0.034	5,194	90.00	4,674	0.58	2,715
2	0.034	5,369	90.00	4,832	0.59	2,834
3	0.034	5,551	90.00	4,996	0.59	2,960
4	0.034	5,738	90.00	5,165	0.60	3,090
5	0.034	5,932	90.00	5,339	0.60	3,227
6	0.034	6,133	90.00	5,520	0.61	3,369
7	0.034	6,340	90.00	5,706	0.62	3,518
8	0.034	6,555	90.00	5,899	0.62	3,673
9	0.034	6,776	90.00	6,098	0.63	3,835
10	0.034	7,005	90.00	6,305	0.64	4,004
11	0.034	7,242	90.00	6,518	0.64	4,181
12	0.034	7,487	90.00	6,738	0.65	4,366
13	0.034	7,740	90.00	6,966	0.65	4,558
14	0.034	8,001	90.00	7,201	0.66	4,760
15	0.034	8,272	90.00	7,445	0.67	4,970
16	0.034	8,551	90.00	7,696	0.67	5,189
17	0.034	8,840	90.00	7,956	0.68	5,418
18	0.034	9,139	90.00	8,225	0.69	5,657
19	0.034	9,448	90.00	8,503	0.69	5,907
20	0.034	9,767	90.00	8,791	0.70	6,168

Tabla 33.- Determinación de áreas y volúmenes requeridos

DETERMINACIÓN DE ÁREAS Y VOLUMENES REQUERIDOS RELLENO DE LA CIUDAD DE YALAGUINA																									
No	D _{Sp} = (kg/día)	D _{Sp/año} (ton/año)	D _{Sp/año} (ton/año)	Dens. DS Comp. (DDSc)	455 Kg/m ³	Material de cobertura	20 %	Áreas obras auxil.	35 %	Ancho medio RS, Talud 1/2	7 m	10 m	Largo = V/(axh) (m)	PLANIFICACION DE LA GEOMETRIA CONSTRUCTIVA DEL RELLENO SANITARIO PROYECTADA A 20 AÑOS.											
				Dens. DS Estab (DDSe)	0.005		1.20		1.4		Área disponible	2 hectáreas		2.84 Mzn	Ancho superf. (m)	Ancho base Inf y superf. (m)	Largo superf. (m)	Largo base Inf y superf. (m)	ARSe (Superf.) (m2)	ARSe (Superf.) (Ha)	ARSt (Superf.) (m2)	ARSt (Superf.) (Ha)			
				700 Kg/m ³	0.002		0.143 m		70														0.100		
				0.002	0.143 m		70		0.100																
VDSsd (m3/d)	VDSsac (m3/año)	VDSed (m3/d)	VDSsa (m3/año)	VRSE (m3/año)	VRSEac (m3/año)	ARSe (m2)	ARSe (Ha)	ARSt (m2)	ARSt (Ha)																
1	2715	991	991	13.92	5081	4.52	1651	1982	1982	283	0.03	382	0.04	28	13	7	31.31	25	407.03	0.04	549	0.05			
2	2834	1035	2025	14.54	5306	4.72	1724	2069	4051	296	0.03	399	0.04	30	13	7	32.56	27	423.28	0.04	571	0.06			
3	2960	1080	3106	15.18	5540	4.93	1800	2161	6211	309	0.03	417	0.04	31	13	7	33.86	28	440.24	0.04	594	0.06			
4	3090	1128	4234	15.85	5784	5.15	1880	2256	8467	322	0.03	435	0.04	32	13	7	35.23	29	457.95	0.05	618	0.06			
5	3227	1178	5411	16.55	6040	5.38	1963	2355	10823	336	0.03	454	0.05	34	13	7	36.65	31	476.44	0.05	643	0.06			
6	3369	1230	6641	17.28	6306	5.62	2050	2459	13282	351	0.04	474	0.05	35	13	7	38.13	32	495.75	0.05	669	0.07			
7	3518	1284	7925	18.04	6585	5.86	2140	2568	15850	367	0.04	495	0.05	37	13	7	39.69	34	515.91	0.05	696	0.07			
8	3673	1341	9266	18.84	6875	6.12	2234	2681	18531	383	0.04	517	0.05	38	13	7	41.30	35	536.96	0.05	725	0.07			
9	3835	1400	10666	19.67	7179	6.39	2333	2800	21331	400	0.04	540	0.05	40	13	7	43.00	37	558.94	0.06	755	0.08			
10	4004	1462	12127	20.54	7495	6.67	2436	2923	24254	418	0.04	564	0.06	42	13	7	44.76	39	581.88	0.06	786	0.08			
11	4181	1526	13653	21.44	7826	6.97	2544	3052	27307	436	0.04	589	0.06	44	13	7	46.60	41	605.85	0.06	818	0.08			
12	4366	1593	15247	22.39	8172	7.28	2656	3187	30493	455	0.05	615	0.06	46	13	7	48.53	43	630.87	0.06	852	0.09			
13	4558	1664	16911	23.38	8532	7.60	2773	3328	33821	475	0.05	642	0.06	48	13	7	50.54	45	656.99	0.07	887	0.09			
14	4760	1737	18648	24.41	8909	7.93	2895	3475	37296	496	0.05	670	0.07	50	13	7	52.64	47	684.27	0.07	924	0.09			
15	4970	1814	20462	25.49	9302	8.28	3023	3628	40923	518	0.05	700	0.07	52	13	7	54.83	49	712.75	0.07	962	0.10			
16	5189	1894	22356	26.61	9713	8.65	3157	3788	44711	541	0.05	731	0.07	54	13	7	57.11	51	742.48	0.07	1002	0.10			
17	5418	1978	24333	27.78	10142	9.03	3296	3955	48667	565	0.06	763	0.08	57	13	7	59.50	54	773.53	0.08	1044	0.10			
18	5657	2065	26398	29.01	10589	9.43	3441	4130	52796	590	0.06	796	0.08	59	13	7	62.00	56	805.96	0.08	1088	0.11			
19	5907	2156	28554	30.29	11057	9.84	3593	4312	57108	616	0.06	832	0.08	62	13	7	64.60	59	839.81	0.08	1134	0.11			
20	6168	2251	30805	31.63	11545	10.28	3752	4502	61611	643	0.06	868	0.09	64	13	7	67.32	61	875.15	0.09	1181	0.12			
Total	84,398	30,805	147,312		157,977		34,103	61,611		8802	0.88	11,882	1.19						12,222	1.22	16,500	1.65			
Prom.	4431	1617	14687	22.72	8294	7.38	2695	3235	29375	462	0.05	1188	0.06						611	0.06	825	0.08			
														44	Satisface				1.65 (Hect.)	Satisface				2.34 (Mzna)	
Ancho y Longitud promedios constructivos de las áreas de disposición final de los Residuos Sólidos.														13	7	47	41								

Tal cómo se puede observar en los cuadros anteriores, las áreas y volúmenes requeridos determinados para la disposición final de los desechos sólidos generados en el municipio de Yalagüina, así como para la construcción de las obras auxiliares que exigen el referido sitio, se encuentran verificadas.

Las áreas levantas **20,000.00 m²** o su equivalencia de **2 Hectáreas** o **2.84 manzanas**, satisface la demanda de áreas requeridas, incluyendo las áreas para obras auxiliares, para 20 años de vida útil, los cálculos dan **16,500.00 m²** o su equivalencia a **1.65 hectáreas**, no supera el área disponible topográficamente para la construcción del relleno sanitaria para un periodo de 20 años.

7.6.5. Dimensionamiento de trincheras

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

- Se define que una trinchera o zanja No. 1, servirá para enterrar las desechos recolectadas durante un período de 1.56 años.
- Se define que las zanjas serán construidas con maquinaria pesada que generalmente tienen un rendimiento de 20 m³ por hora de corte.
- La población equivalente a servir, es de 5,024 hab.
- La producción per. cápita media a utilizar es 0.575 kg./hab./día
- La cobertura del servicio de recolección, se estima en un 90%.
- El material de cobertura es de 20 % del volumen de desecho a enterrar.
- La densidad de desecho compactada en el relleno es de 455 Kg. /m³.
- La densidad de desecho estabilizada es de 700 Kg. /m³

Asumiendo 3.5 metros la profundidad de excavación equivalente al 50% en relación al 100% de la profundidad total 7 metros con un su equivalencia volumétrica de 3,080.00(44*10*7) m³, se tiene 1,540.00(3,5*44*10) m³ para determinar:

Tiempo de maquinaria requerido por zanja

$$= \frac{1,540 \text{ m}^3}{20 \text{ m}^3 / \text{ hora} \times 10 \text{ horas días}} = 7.70 \text{ días}$$

Dimensionamiento de celda diaria

Una vez más se tomó en cuenta el año medio correspondiente al periodo de vida útil del relleno sanitario tenemos una cantidad de recolección de desechos sólidos diario de **4,004 Kg.** siendo el porcentaje de cobertura de recolección proyectado y planificado de 90%. Por otro lado, considerando una frecuencia de dos veces por semana se tiene **4,004 x 2 .33 días = 9,329.32 Kg.** / día de operación, valor que se tomó como base para calcular la dimensión de la celda de operación del día de operación del relleno sanitario (o día laborable).

Cantidad volumétrica de desechos sólidos por día laborable en el relleno **(6 días x semana)**

$$= \frac{9,329.32 \text{ Kgs} / \text{ día} \times 1.20}{455 \text{ Kgs} / \text{ m}^3} = \frac{24.60 \text{ m}^3}{\text{ día} / \text{ laboral}}$$

Asumiendo Altura = 0.8 m Ancho = 6m

Volumen de la celda diaria = Altura x ancho x largo

$$\text{Largo} = \frac{\text{Volumen de la celda diaria}}{\text{Altura} \times \text{Ancho}} = \frac{24.60 \text{ m}^3}{0.8 \text{ m} \times 6 \text{ m}} = 5.125 \text{ m}$$

Las dimensiones de la celda serán: Alto = 0.8 m, Ancho = 6 m, largo 5.125 m. Alto efect. = 0.80 m de desechos compactados; 0.20m de material de cobertura compactado.

Este volumen de celda diaria puede ser ajustado dependiendo del número de días comprendido entre cada recolección durante la semana. El procedimiento a seguir para obtener el nuevo volumen de celda es similar al mostrado anteriormente.

7.6.6. Drenaje pluvial externo

Con el fin de evacuar las aguas de escorrentías de las áreas tributarias del relleno sanitario por un lado, y por otra parte evitar la entrada de escorrentías superficiales provenientes de áreas adyacentes a las del relleno, se hizo uso del método racional $Q = CIA$ para la determinación de los diversos caudales de diseño y modelos matemáticos característico a los canales abiertos para los cálculos de las diversas dimensiones de las secciones adecuadas.

Una vez construida las trincheras estas se impermeabilizarán por lo que la infiltración del agua pluvial hacia el subsuelo será restringida. El área de drenaje se determinó mediante una inspección visual del sitio y utilizando el plano obtenido del levantamiento topográfico.

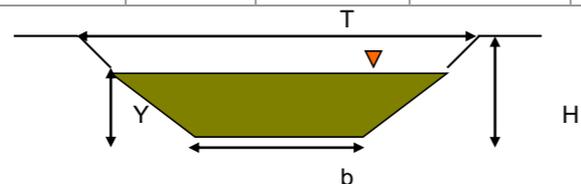
El caudal esperado, se calcula de la siguiente forma: se considera un tiempo de concentración de 4 minutos, El valor de intensidad obtenido del gráfico de la estación de la ciudad de Ocotlán para un tiempo de concentración (duración) de 4 min. y un período de retorno de 50 años, corresponde al valor máximo de la curva, que es de 180 mm/hora.

Tabla 34.- Cálculo de los caudales de drenaje pluvial

Trin	Área Tribut.		CEsc.	% Pend	P. Retn	Durac.	Inten.	Caudal $Q = C I A$			Suma Q
Área	m ²	pie ²	C	S	T (años)	Td (min.)	i (pulg/hr)	(pie ³ /seg.)	(m ³ /seg.)	(lt/seg.)	Qd (pie ³ /seg.)
1	1869	20117	0.35	1.5	50	4	7.68	0.1162	0.0033	3.29	0.116
2	2474	26629		1.5				0.1539	0.0044	4.36	
3	2232	24019		1.5				0.1388	0.0039	3.93	
4	2582	27787		1.5				0.1605	0.0045	4.55	
Caudal acumulado											16.12 Lt. /seg.

Tabla 35.- Cálculo y diseño de los canales perimetrales de cada trinchera para el drenaje pluvial

	Dimensión	% Pd	Qd	n Man.	Vel perm.	Pend. Tal.	Rad.Hid.	A. moj.	Per.moj.	Tirante	Base	Ecuación	Tiran.	Base	Alt. canal
Ar.	Área (m)	S	pie ³ /seg.	(estim.)	Pie/seg.	Lateral Z	R(pies)	A(pies ²)	P(pies)	y (pies)	b(pies)	0 < Ec < 1	y(cm.)	b(cm.)	H=1.3*y(cm.)
1	1869	1.5	0.1162	0.029	6	1.5	0.931	0.019	0.021	0.025	0.737	0.807	0.76	22.5	0.99
2	2474		0.1539	0.029		1.5	0.931	0.026	0.028	0.025	0.988	1.051	0.76	30.1	0.99
3	2232		0.1388	0.029		1.5	0.931	0.023	0.025	0.025	0.888	0.953	0.76	27.1	0.99
4	2582		0.1605	0.029		1.5	0.931	0.027	0.029	0.025	1.033	1	0.76	31.5	0.99



B = 20 cm.
H = 10 cm.
T = 26 cm.

Tabla 36.- Diseño de canales secundarios

Canales	Qd	n Man.	Vel	P.Tal.	Radio Hid.	Área moj.	Perim moj.	Tirante	Base	Ecuación	Tirante	Base	Alt. canal
Sec.	Pie ³ /seg.		Pie/seg.	Z	R(pies)	A(pies ²)	P(pies)	y(pies)	b(pies)	0 < Ec < 1	y(cm.)	b(cm.)	H = 1.3xy(cm.)
S1	4.013	0.029	4.05	1.5	0.516	0.991	1.9192	0.680	0.437	0.9699	20.73	13.3	26.94
S2	9.027	0.029	3.71	1.5	0.453	2.433	5.3750	0.570	3.414	0.0940	17.37	104.1	22.59
S3	7.880	0.029	3.71	1.5	0.453	2.124	4.6919	0.600	2.640	0.1115	18.29	80.5	23.77

Conclusión: Se propone tres secciones de Colectores principales y son las siguientes:

- 1) la de la S1 con b = 13.00 cm., H = 27 cm. y T = 20 cm.
- 2) La de la S2 con b = 104 cm., H = 23 cm. y T = 156 cm.
- 3) La de la S3 con b = 80 cm., H = 24 cm. y T = 121 cm.

7.6.7. 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 1/2" de diámetro, separados entre sí por una distancia de 10 cms. 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 cms., 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 mts. Y deberá hacerse una buena compactación alrededor.

7.6.8. Drenaje y disposición de líquido percolado

a. Estimación de volumen de lixiviados generado por el relleno sanitario

A= 2436 m² (solo área efectiva del relleno sanitario).

$$P = 1145.49 \text{ mm} = 1.15\text{m}$$

$$K = 35\%$$

$Q = p * A * k \text{ (m}^3 \text{ año)}$	980.49
$Q = p * A * k \text{ (m}^3 \text{ días)}$	2.69
$Q = p * A * k \text{ (lt/días)}$	2,686.27
$Q = p * A * k \text{ (lt/seg)}$	0.030

De esta deducción de cálculo el caudal de diseño para la planta será de 2.69 m³/día.

7.6.9. Diseño del sistema de tratamiento de los lixiviados producidos

Se tomaron en cuenta los análisis de lixiviados realizados en los laboratorios ambientales del PIENSA.

Calidad de los lixiviados

pH =	7.80
Conductividad electrica =	28.75 ms/cm
Sólidos Totales (ST) =	52,414.00 mg/l
Sólidos Volátiles (STV) =	15,905.00 mg/l
Sólidos suspendidos volátiles (SSV)	5,185.00 mg/l
Sólidos Suspendidos Totales (SST) =	9,751.00 mg/l
Sólidos Fijos (SF) =	4,564.00 mg/l
Sólidos Sedimentales (SSD) =	20.97 mg/l/h
DBO ₅ =	1,490.00 mg/l
DQO =	30,528.00 mg/l
Grasas y Aceites =	64.00 mg/l
Alcalinidad Total =	950.00 mg/l

Paso 1: Flujo de cálculos del sedimentador primario

$$V_1 = ((SST * Q * 0.7 * (1 - SSV) / 0.04) * TR) / 10^9$$

Donde:

V₁ = Volumen útil destinado para almacenamiento de sólidos (M³)

SSV = Sólidos Suspendidos Volátiles (expresados como fracción de los SST mg/l)

SST = Sólidos Suspendidos Totales (expresados como fracción de los ST. mg/l)

T_R = Tiempo de residencia de sólidos. (DIAS)

$$V_1 = (((0.15 * 5,185 \text{ mg/l}) * 15,480 \text{ lts/día} * 0.7 * (1 - 0.30 / 0.04)) * 180 \text{ días} / 10^9)$$

$$V_1 = 4.61 \text{ m}^3$$

En tal caso, el volumen útil de la "fosa" será:

$$V_u = Q * TRH + V_1$$

Donde:

V_u = Volumen útil total de la "fosa séptica" (M³)

Q = caudal diario (m³/día)

TRH = Tiempo de Residencia Hidráulico (en días)

$$V_u = 2.69 \text{ m}^3/\text{día} * 0.58 \text{ días} + 4.61 \text{ m}^3 \quad V_u = 6.165 \text{ m}^3$$

Paso 2: Filtro Anaerobio

Para efecto del cálculo, el dimensionamiento del "Filtro anaerobio" se obtiene por la siguiente formula:

$$a) \quad V_{uf} = 1.60 * Q * TRH$$

$$V_{uf} = 1.60 * 2.69 \text{ m}^3/\text{día} * 0.58 \text{ días}$$

$$V_{uf} = 2.49 \text{ m}^3$$

$$S = V_{uf}/2 = 1.25 \text{ m}^3$$

S = Sección horizontal (superficie)

Paso 3. Dimensionamiento de los Reactores

Profundidad útil del tanque séptico H = 1.85 mts (Propuesto)

1. Ancho b = 2.00 mts (Propuesto)

Verificación de la dimensión de "b" según normativa brasileña.

- Relación entre largo L y ancho b $2 = < L/b > = 4$
- Ancho interno (b) = no mayor de 2 veces h útil

Sustituyendo en la ecuación: Volumen (m^3) = l * b * H

Tendremos:

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

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

Despejando tendremos la nueva ecuación:

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

Sustituyendo tendremos:

b = 2.39 mts condición satisfecha porque **b** no es mayor a 2 veces el h útil.

$$b = 2.39 \text{ mts} < 2.0(2) = 4.0 \text{ m}$$

Condición satisfecha porque b calculada es menor a la propuesta.

Paso 4. Determinación de la longitud total L del tanque séptico

$$L = V/b \cdot H$$

Sustituyendo tendremos: $L = 6.165 / (2 \times 1.85)$

$$L = 1.67 \text{ mts}$$

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 1ª cámara: $P_c = 2/3 L$ $P_c = 2/3 \cdot 1.67 = 1.12 \text{ m}$
- Cálculo de la 2ª cámara: $S_c = 1/3 L$ $S_c = 1/3 \cdot 1.12 = 0.185 \text{ m}$

Paso 5. Cálculo de aberturas en pantalla:

$$\text{Área transversal de la fosa} = b \cdot h = 1.85 \text{ m} \cdot 2 \text{ m} = 3.7 \text{ m}^2$$

$$\text{Se tomará el 5\% del área transversal} = 3.7 \cdot 0.05 = 0.185 \text{ m}^2$$

Se usará un diámetro de 6 pulg. Por efectos constructivos

- Área de $\phi 6'' = \pi \cdot 0.15^2 / 4 = 0.0177 \text{ m}^2$
- N° de orificios = $0.185 / 0.0177 = 10.47 \equiv 11$ orificios de 6 pulgadas cada uno

Paso 6. Cálculo de la altura h de colocación del invert de los orificios constituidos por tubos de 6 pulgadas:

$$h = 2/3 H \text{ Con } H = 1.85 \text{ m}$$

$$h = 2/3 \times 1.85 \text{ m}$$

$$h = 1.23 \text{ m}$$

El invert de los orificios quedaría a una distancia $1.85 \text{ m} - 1.23 = 0.62$ sumergido.

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

Considerando:

Tamaño mínimo de partículas a remover = 0.1 mm.

($V_o = 8.00 \text{ mm / seg.} = 0.0008 \text{ m/seg.}$)

Velocidad de sedim. = $V = Q / A$

A = área vertical a recorrer

$A = b \times h$

$V = 0.00024684 / (2 \times 1.85) \text{ m}^2$

$V = 0.000066714 \text{ m/seg.} < 0.0008 \text{ m/seg.}$ Condición de velocidad de sedimentación satisfecha.

Tabla 37.- Tabla de dimensiones de tanques sépticos del primer período

	Largo (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Capacidad (Its)
Primera Cámara	1.1	2	1.85	4,109.89
Segunda Cámara	0.56	2	1.85	2,054.94
				6,164.83

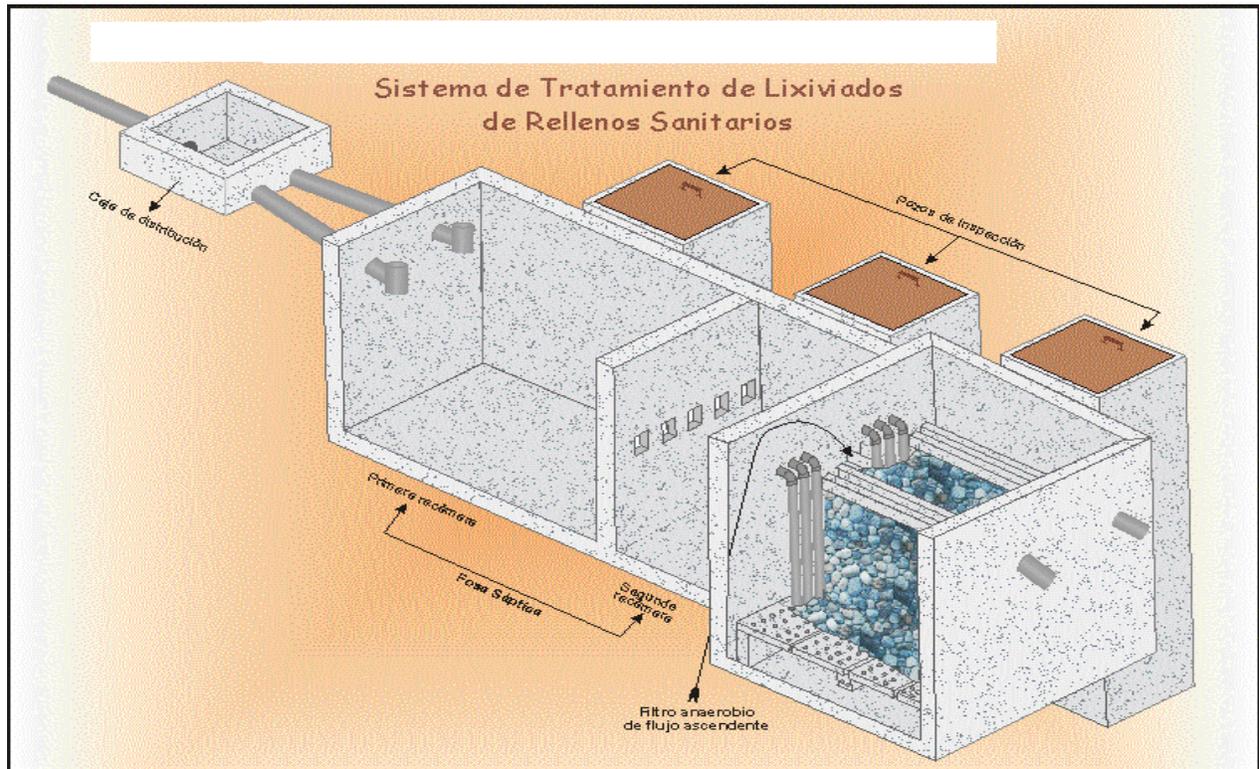
Tabla 38.-Tabla de Dimensiones del FAFA del primer período

	Largo (m)	Ancho(m)	Profundidad (m)	Capacidad (Its)
FAFA	1.85	2	1.85	6,164.83

Las dimensiones de largo y ancho del tanque séptico son definitivos para el sistema constructivo. Sin embargo, la profundidad calculada (**1.85**) corresponde a la altura útil o nivel de agua residual por lo que la altura total interna será $1.85 + 0.40 = 2.25$.

Los **40** cms. adicionales se dejan como espacio donde se acumulan gases (metano, sulfuro, entre otros) y natas (espumas).

Ilustración 20.- Isométrico del sistema de tratamiento primario y secundario de los



lixiviados del relleno sanitario de Yalagüina

Paso 7. Dispositivos de control y limpieza del sistema

En todo tratamiento biológico la producción de “lodos” es inevitable. En los sistemas de tratamiento anaerobio ésta producción es mínima, sin embargo, es necesario disponer de dispositivos que permitan la evacuación de estos “lodos” en el momento que se considere apropiado para garantizar así el buen funcionamiento del sistema. Para tal efecto, en la “Fosa - Filtro” hemos propuesto la construcción de pozos de visita que permitirán cumplir convenientemente con estos requerimientos.

Estos pozos están dotados con tuberías de descarga que están conectadas al fondo de cada una de las secciones del sistema, lo cual permitirá obtener la mayor carga hidrostática disponible para el empuje del lodo que suele acumularse en el fondo; el lodo purgado podrá ser evacuado hasta la superficie del terreno a través de recipientes (baldes) atados con cuerdas; por esta razón hemos diseñado los pozos con el espacio suficiente para la manipulación de estos instrumentos. (1.20 mts. * 1.20 mts.)

Para el caso particular del pozo correspondiente al “Filtro” además de contar con los dispositivos ya descritos, está dotado de tuberías de ¾” de diámetro conectadas a diferentes cotas del “Filtro”, esto nos permitirá obtener muestras de agua a diferentes alturas controlando así la eficiencia del “Filtro” en todo su espesor, así como el poder detectar a tiempo problemas de funcionamiento.

Para lograr la estabilidad de los pozos, estos fueron revestidos con ladrillo cuarterón reforzados con una viga perimetral (15cms. * 15cms.) ubicada a 1/3 de la distancia medida desde el fondo con el fin de contrarrestar el empuje del terreno. Además estos pozos deberán sobresalir 30 cms. por encima del nivel del terreno para evitar problemas de inundación debido a escorrentías superficiales.

Paso 8. Dispositivos de conducción y control de flujo

En dependencia de las condiciones en que se realizará la operación del relleno sanitarios, las aguas residuales o lixiviados eventualmente pueden acarrear sólidos gruesos, que requieren de suficiente espacio para su transportación, debido a esta circunstancia se ha propuesto, para evitar problemas potenciales de obstrucción, la utilización de tubería de 4” de diámetro para la conducción de los lixiviados desde el primer pozo de visita, el del punto más lejano y más alto en relación al sistema de tratamiento de los referidos lixiviados, hasta el sistema, por razones de orden económico y de flujo se recomienda la utilización de tubos PVC. Esta tubería se ha dispuesto enterrada.

Caja de distribución de flujo

A la entrada del sistema fue diseñada dos cajas:

1. Una de acumulación de caudal debido a la misma topografía del terreno que ha inducido a que se fue enterrando la tubería a medida que se acerca al Sistema de Tratamiento de los Lixiviados y este último enterrado, pero a un nivel superior a lo del invert del último tramo de tubería de conducción de lixiviados. Eso obliga un proceso doble de:
 - Construcción de un pozo acumulador de caudal a un metro de profundidad a bajo del invert del último tramo de tubo de canalización de los lixiviados, lo que demanda la colocación y utilización de una bomba ya sea de mecate o eléctrico para , trasegar los lixiviados del pozo acumulador de caudal de lixiviados hasta la caja de distribución de los referidos lixiviados al sistema de tratamiento, la cual garantiza una distribución equitativa del flujo hacía las dos tuberías de alimentación de la “Fosa”, se decidió la utilización de tres tubos de alimentación para garantizar una mejor distribución del caudal a todo lo largo y ancho del sistema, procurando así una mejor eficiencia en el régimen de flujo.

Se dispuso además de una línea de derivación convenientemente dotada de una compuerta tipo gaveta, con el fin de poder desviar las aguas en caso de que bajo cualquier circunstancia se decida sacar fuera de operación el sistema; ya sea por que se haya introducido alguna sustancia no deseada o por que se realizarán obras de reparación y mantenimiento.

VIII. Conclusiones

Una vez dado el cumplimiento de los objetivos con la metodología propuesta para el PIGARS – Yalagüina se puede inferir lo siguiente:

Para la implementación del PIGARS, como primer paso fue 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- Yalagüina fue definido asegurando una conformación multidisciplinaria y que lograra perdurar en el tiempo.

El diagnóstico elaborado a la municipalidad como principales indicadores tenemos; Se determinó que la ppc de Yalagüina fluctúa en un rango de 0.53-0.62 y un valor medio de 0.57 (Kg/hab/día).

La composición física de los residuos se caracterizó por tener materia orgánica (Restos de comida 24.34% y jardín 25.43%) 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 segundo es la tierra con un 32.51%; esto se debe a que es una zona rural y en su mayoría las amas de casa hacen limpieza de sus patios así como el interior de sus hogares por lo que los usuarios siempre entregan en su mayoría tierra a los camiones de basura, esto se verifico cuando se calibro la ruta.

En el municipio de Yalagüina, las fuentes generadoras de residuos son, principalmente, las viviendas del municipio, 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.

Los residuos sólidos que son recolectados cada vez que se realiza el recorrido, son depositados en el vertedero municipal, está ubicado a 1.5 km al norte del Cementerio municipal de Yalagüina, ver ilustración.

Actualmente, el vertedero municipal es un botadero a cielo abierto, que adolece de infraestructura destinada a la disposición final segura de los residuos sólidos.

Los operarios que forman parte del servicio de recolección y limpieza no han recibido ningún tipo de capacitación en materia de seguridad e higiene laboral. De igual forma, no cuentan con los medios de protección adecuados, para la prevención de enfermedades y otras afectaciones, derivadas del trabajo que se realiza.

Los instrumentos administrativos y gerenciales relacionados a la prestación del servicio se encuentran desactualizados, por lo que necesitan ser revisados, actualizados e implementados. El cobro de las tarifas actuales no cubre los costos por la prestación del servicio derivando en un alto subsidio que se estima en 90% de los costos.

La obligación de cubrir con casi la totalidad de los costos, es un obstáculo para implementar mejoras en el manejo de los residuos, volviéndose una limitante para alcanzar un desempeño eficiente y sostenible del sistema de manejo de los residuos sólidos.

En general, las deficiencias que presenta el servicio, son el resultado de la conjugación de una serie de factores de tipo institucional, ambiental, social, cultural y económico, entre los que sobresalen los siguientes: débil planificación gerencial, financiera y jurídica; baja calificación y capacitación del recurso humano involucrado; tarifas de cobro no ajustadas a los costos reales del servicio y a las condiciones socioeconómicas de la población; cultura de no pago arraigada en la población y de no cobro por parte de la municipalidad; así como también, una mínima planificación, organización, control y monitoreo de las rutas de recolección, al igual que la operación, mantenimiento, control, seguimiento y monitoreo del vertedero municipal.

Como resultado de la caracterización de residuos sólidos, y la evaluación del manejo actual de los residuos sólidos, se formuló el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Municipales (PGIRS) para el municipio de Yalagüina el cual, cuenta con actividades específicas enmarcadas en 5 lineamientos estratégicos: Fortalecimiento de la Gestión Institucional, Fortalecimiento del Marco Legal, Fortalecimiento Económico, Capacitación y Asistencia Técnica; y Educación Ambiental y Participación ciudadana.

Dichos lineamientos parten de la información contenida en el diagnóstico situacional efectuado, donde se reflejan entre otros aspectos; las principales debilidades y amenazas a superar para mejorar la calidad en la prestación del servicio y por consiguiente la salud pública de la ciudad.

Las áreas y volúmenes requeridos determinados para la disposición final de los desechos sólidos y líquidos generados en la Ciudad de Yalagüina, así como para la construcción de las obras auxiliares que exigen el referido sitio, se encuentra verificada para 20 años de vida útil, los cálculos dan **16,500.00 m²** o su equivalencia a **1.65 hectáreas**, no supera el área disponible topográficamente para la construcción del relleno sanitaria para un periodo de 20 años.

Recomendaciones

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, no sean perturbados en sus actividades, es decir, 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, como AutoCAD o ArcGIS, 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.

También, se deberá de tomar en cuenta la adquisición de otra unidad de recolección, principalmente por fallas mecánicas que afecten a la única unidad que se tiene. Esta unidad puede ser un tractor, el cual, puede ser adaptado para ser utilizados en distintas circunstancias y actividades. Esto también para evitar los gastos en los que se incurre por alquiler de camión.

Se recomienda que se inicie un estudio para realizar digestión anaerobia de la fracción orgánica de los residuos por ser el mayor componente orgánico y de esta manera el relleno sanitario tendrá una mayor vida útil generando una disminución de las áreas efectivas a usar.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- 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. Recuperado en <http://www.cepis.org.pe/acrobat/diagnost.pdf>
- 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.
- Asamblea Nacional. (2002). *NTON 05 014-01: 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.
- Banco Mundial (1996). *Conceptual Framework for Municipal Solid Waste Management in Low-Income Countries*. Estados Unidos: Autor.
- Banco Mundial. (2012). *What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management*. Estados Unidos: Autor.
- Barlaz M.A., Eleazer W.E., Odle W.S., Qian X. y Wang Y-S. (1997). Biodegradative Analysis of Municipal Solid Waste in Laboratory-Scale Landfills. Project Summary. Research and Development EPA/600/ SR-97/071 September 1997. Environmental Protection Agency, National Risk Management, Research Laboratory Agency, Research Triangle Park NC 27711. Estados Unidos de América.
- Borzacconi, L., Martínez, J., Anido, C., López, I., Díaz, C. (1994). Transporte de contaminante en la zona no saturada de un Relleno Sanitario. *Tratamiento Anaerobio - III Taller y Seminario Latinoamericano "Tratamiento Anaerobio de Aguas Residuales"*, Montevideo, Uruguay, 1994.
- Centro Coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe. (2005). *Guía para la gestión integral de residuos peligrosos*. Recuperado de: http://archive.basel.int/centers/proj_activ/stp_projects/08-02.pdf

- Consejo Nacional del Ambiente (CONAM). (2001). *Guía Metodológica para la formulación de Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos*. Perú: Autor.
- Decreto 47-05. Política Nacional de Manejo de Residuos Sólidos. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 163 del 23 de agosto del 2005.
- Decreto 52-97. Reglamento a la Ley de Municipios. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No. 171 del 8 de septiembre de 1997.
- Decreto 394. Disposiciones Sanitarias. Publicado en La Gaceta, Diario Oficial No.200 del 21 de octubre de 1988.
- Instituto Nacional de Información de Desarrollo, INIDE. (Marzo de 2008). *Yalaguina en cifras*. Managua. Obtenido de www.inide.gob.ni
- 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.
- Programa Ambiental Regional para Centroamérica, PROARCA. (2003). *Guía para la Gestión de Manejo de Residuos Sólidos Municipales*.
- Tchobanoglous G, Theissen, H y Vigil S, 2000. *Gestión integral de residuos sólidos*, tomo I Madrid: Mc Graw – Hill, 436 p.
- Vilchez, 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.

X. ANEXOS

Anexo 1: Vertedero del Municipio de Yalagüina, Departamento de Estelí.

Fotos del Sitio de disposición final de los desechos sólidos del Municipio de Yalagüina.



Fotos del Sitio de disposición final de los desechos sólidos del Municipio de Yalagüina.



Anexo 2: Encuestas aplicadas

Guía de entrevista 1

Dirección de Servicios municipales

Nombre: _____ Fecha: _____

Área en que labora: _____ Cargo: _____

Tiempo de trabajar en ésta área (años): _____(meses): _____

Propósito: La presente guía de entrevista tiene como propósito, recopilar información relacionada al servicio de limpieza pública, de parte de funcionarios públicos ligados directa e indirectamente con la prestación de éste.

1. ¿Cuántas personas trabajan en esta área o departamento?
2. ¿Cuántos camiones recolectores posee la alcaldía municipal para la prestación del servicio de limpieza pública?
3. De estos _____ camiones, ¿cuántos están en?
a) Mal estado: _____ b) Regular estado: _____ c) Buen estado: _____
4. ¿La recolección y transporte de los residuos sólidos generados en la ciudad, se realiza con base a rutas de recolección preestablecidas?
5. ¿Cuántas rutas de recolección de residuos sólidos existen para la prestación del servicio en la ciudad?
6. ¿Para el diseño de las rutas de recolección, se hizo uso de planos detallados de la infraestructura vial de la ciudad?
7. ¿Cuáles son los principales problemas que plantea la prestación del servicio de recolección de residuos sólidos?
8. ¿Cuándo fue la última fecha en que se revisaron y/o actualizaron las rutas de recolección actualmente en operación?

9. ¿Dispone su departamento o dependencia administrativa de presupuesto definido para cumplir con las funciones asignadas? ¿A cuánto asciende el monto asignado?
10. ¿Existe una tarifa establecida aprobada por el Consejo Municipal para la prestación del servicio?
11. ¿La tarifa establecida, incorporó en su diseño los costos económicos relacionados a: Depreciación de maquinarias y equipos, pago de personal, gastos directos e indirectos; así como datos referidos a las condiciones socioeconómicas de la población, ¿por la prestación del servicio público municipal?
12. ¿En las zonas donde se presta el servicio de barrido de calles, se hace efectivo el cobro de este servicio a las viviendas beneficiadas?
13. ¿Cuáles son los montos en córdobas de las tarifas establecidas?
 - a) Sector residencial:_____b) Sector comercio:_____c) Industrias: _____
 - d) Empresas:_____e) Institucional: _____
14. ¿Dispone la municipalidad de una estructura de costos ligada a la prestación del servicio, con la cual se lleve un registro detallado de los gastos relacionados a la prestación de éste?
15. ¿El dinero percibido por el pago de la tarifa del servicio, es suficiente para hacer frente a las demandas y requerimientos que implica la prestación de éste?
16. ¿Dispone la municipalidad de normas legales aprobadas (ordenanzas municipales), orientadas a generar cambios de conducta en la población con respecto al tema de los residuos sólidos?
17. ¿Existe un plan sobre gestión integral de residuos sólidos actualmente en ejecución? ¿En qué consiste dicho plan?
18. ¿Cuáles son los principales logros o aspectos superados a través de la implementación de este?

19. ¿La Alcaldía Municipal cuenta con una Política de incentivos definida hacia personas naturales y jurídicas que presenten una aptitud modelo a seguir, en el tema de gestión de residuos sólidos?
20. El servicio de recolección de residuos sólidos, ¿presenta alguna condición de descentralización con respecto al resto de servicios públicos municipales?
21. ¿Bajo qué términos se presenta este tipo de descentralización?
 - a) Geográfica: _____
 - b) Operativa: _____
 - c) Administrativa: _____
 - d) Financiera: _____
 - e) Otra: _____
 - f) No aplica: _____
22. Podría mencionar o describir al menos dos funciones relacionadas al cargo que desempeña
23. ¿Las funciones que se presentan contribuyen en la mejora de la calidad de prestación del servicio? (Explique).
24. ¿Cuáles son los requisitos para optar al cargo que desempeña?
25. ¿Disponen de planes contingentes frente a eventualidades?
26. ¿Cuáles son los principales problemas que usted percibe con respecto a la gestión de los residuos sólidos?
27. ¿Considera usted que el manejo actual que se da a los residuos sólidos es el adecuado? ¿Por qué?
28. ¿Qué sugerencias tiene para mejorar el servicio de recolección, tratamiento y disposición final de residuos sólidos de la ciudad?

Muchas gracias por su valiosa colaboración.

Entrevista realizada por

Hora de inicio de la entrevista: _____ Hora en que finalizó: _____

Guía de entrevista 2: Centro de Salud de Yalagüina

Nombre: _____ **Fecha:** _____

Área en que labora: _____ **Cargo:** _____

Tiempo de trabajar en ésta área (años): _____ **(meses):** _____

Propósito: La presente guía de entrevista tiene como propósito, recopilar información general relacionada al manejo de los residuos sólidos hospitalarios (RSH), biológicos infecciosos y no infecciosos.

¿Se han realizados estudios sobre el manejo y la PPC de los RSH? ¿Hace cuánto?

¿Quién lo realizó?

¿Cuál es el Volumen aproximado de RSH que produce el Centro de Salud?

¿Cuál es el número de camas que posee el Centro de Salud?

¿Atienden operaciones quirúrgicas en el Centro de Salud? ¿De qué tipo, partos u operaciones menores? ¿Cuántas veces al día atienden este tipo de operaciones?

¿Realizan separación de RSH infecciosos y no infecciosos? ¿Cuentan con bolsas con colores determinados para cada tipo de residuo?

¿Qué consideran como RSH biológicos infecciosos?

¿Cuál es la disposición Final de los RSH no infecciosos?

¿La Alcaldía presta el servicio de recolección de estos? ¿Cada cuánto pasa el camión?

¿Cuentan con incinerador para los RSH infecciosos? ¿Si no que tratamiento les aplican?

¿Dónde se encuentra ubicado el incinerador?

¿Cuántos años de funcionamiento tiene el incinerador si lo poseen? ¿Cada cuánto le dan mantenimiento?

¿El personal utiliza el equipo de protección apropiado para la manipulación de los RSH infecciosos?

Muchas gracias por su valiosa colaboración.

Entrevista realizada por

Hora de inicio de la entrevista:

Hora en que finalizó:

I. 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 Yalagüina, 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:

8. ¿Se paga por el servicio prestado a esta vivienda? [Si responde al inciso

a) SI, pasar directamente a la pregunta 12]

- a) Si: b) No: c) No aplica:

9. ¿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:

10. ¿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:

11. ¿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:

12. ¿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:

13. 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 3.- Hojas de registro

Hoja de registro (1) de PPC promedio por día

Valores de PPC por día (14 al 21 de noviembre)									
	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	PPC (lb/hab*día)
PPC (Kg/día)	0.60	0.55	0.58	0.55	0.53	0.59	0.60	0.62	0.57

Hoja de registro (2) por día de densidad

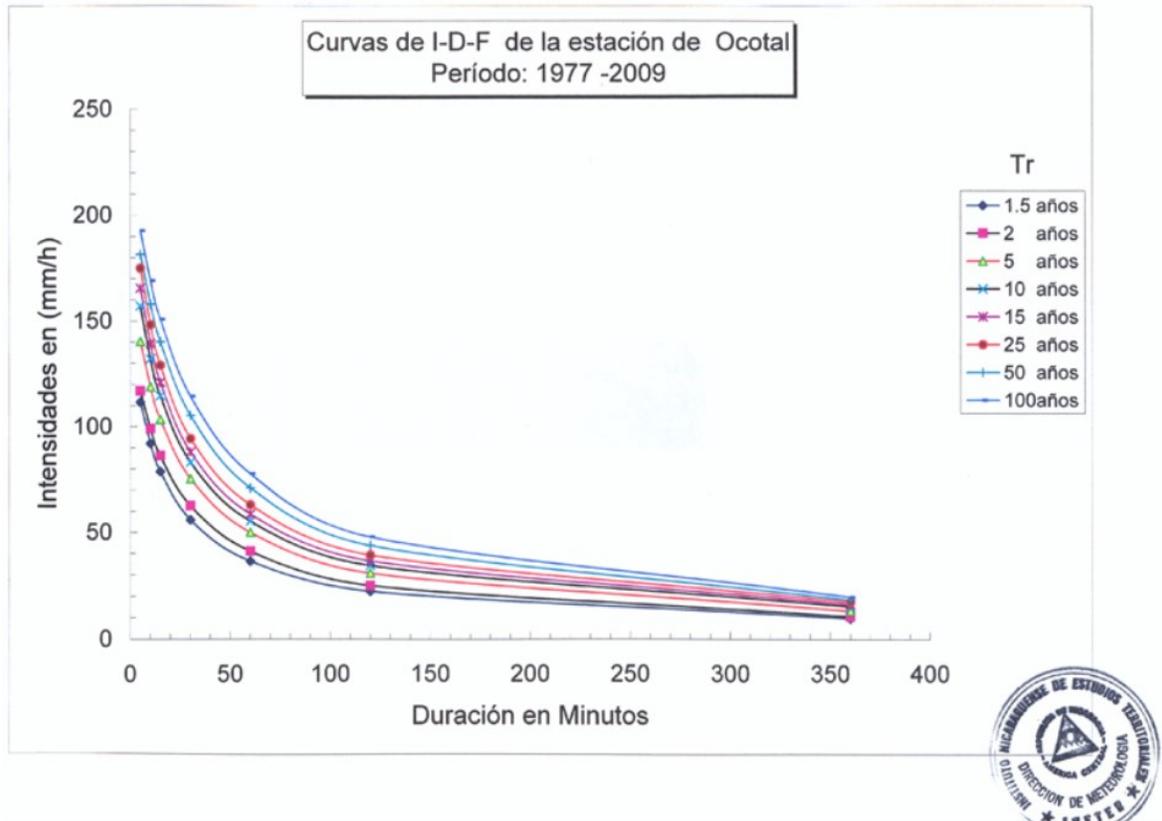
Día	Densidad		
1	Densidad de basura suelta kg/m ³ =	221,15	kg/m ³
2	Densidad de basura suelta kg/m ³ =	233,30	kg/m ³
3	Densidad de basura suelta kg/m ³ =	188,90	kg/m ³
4	Densidad de basura suelta kg/m ³ =	221,03	kg/m ³
5	Densidad de basura suelta kg/m ³ =	209,33	kg/m ³
6	Densidad de basura suelta kg/m ³ =	220,00	kg/m ³
7	Densidad de basura suelta kg/m ³ =	253,00	kg/m ³
8	Densidad de basura suelta kg/m ³ =	245,00	kg/m ³
Promedio		226,06	kg/m ³

Hoja de registro (3) por tipo de componente

Tipos	Día 1	2	3	4	5	6	7	8	Promedio
<i>Vidrios</i>	1,09%	1,30%	1,93%	2,20%	2,22%	1,10%	0,00%	1,00%	1,36%
<i>Metales</i>	1,70%	1,28%	1,28%	0,59%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,61%
<i>Plásticos alta densidad</i>	4,05%	2,85%	4,35%	2,41%	3,30%	2,00%	1,67%	2,34%	2,87%
<i>Plásticos baja densidad</i>	2,80%	5,44%	0,47%	1,59%	2,56%	2,00%	1,65%	3,76%	2,53%
<i>Papel</i>	2,32%	1,80%	1,60%	0,79%	3,67%	3,10%	4,45%	3,65%	2,67%
<i>Cartón</i>	3,57%	2,82%	3,21%	1,59%	3,30%	3,76%	4,56%	5,76%	3,57%
<i>Textiles</i>	0,00%	1,02%	3,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	3,00%	0,88%
<i>Madera</i>	1,86%	1,54%	1,28%	1,59%	0,00%	1,33%	1,10%	3,30%	1,50%
<i>Resto comida</i>	22,09%	25,41%	25,15%	29,14%	18,12%	24,54%	28,77%	21,50%	24,34%
<i>Resto jardín</i>	18,68%	18,68%	17,89%	21,72%	41,04%	36,65%	22,12%	26,66%	25,43%
<i>Otros</i>	0,00%	0,00%	0,00%	4,61%	1,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,80%
<i>Tierra</i>	41,86%	37,87%	36,26%	32,56%	22,16%	25,89%	35,23%	28,22%	32,51%
<i>Caucho</i>	0,00%	0,00%	3,53%	0,00%	0,00%	0,00%	0,31%	0,00%	0,48%
<i>Cuero</i>	0,00%	0,00%	0,00%	1,19%	0,00%	0,00%	0,00%	1,10%	0,29%
<i>Baterías</i>	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,82%	0,00%	0,00%	0,00%	0,23%
<i>TOTAL</i>	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Anexo 4.- Diseño en AutoCAD del relleno sanitario de Yalagüina

Anexo 5.- Curvas IDF



IDF- Estación de Ocotal, se tomó como referencia para diseño de Canales.

Anexo 6.- Gestión del riesgo

El riesgo constituye la manifestación de la condición de debilidad de un componente o de la totalidad del sistema territorial ante dicho evento natural, por lo que la condición de riesgo únicamente se adquirirá cuando su ocurrencia se dé en un área ocupada por actividades humanas que deben afrontar las consecuencias de dicho fenómeno. Desde esta perspectiva, el riesgo puede ser descompuesto en tres componentes claramente identificables a los fines analíticos pero estrechamente interrelacionados; nos referimos a *las amenazas, la vulnerabilidad y la exposición*.

La amenaza o peligro se refiere a la probabilidad de ocurrencia de las consecuencias de un fenómeno de origen natural, generalmente de carácter sorpresivo, de evolución rápida y de relativa severidad, que se concentra durante un determinado período de tiempo y en un lugar, afectando a un componente o a la totalidad del sistema territorial expuesto.

Desde esta perspectiva, la diferencia fundamental entre la *amenaza* y el *riesgo* es que la primera se refiere a la probabilidad de que se manifieste un evento natural, mientras que el segundo está relacionado con la probabilidad de que se den ciertas consecuencias (Fournier, 1985).

La vulnerabilidad se define como la predisposición o susceptibilidad intrínseca de los componentes antrópicos del sistema territorial para ser dañados total (destrucción) o parcialmente (deterioro) debido al impacto de la amenaza. Representa la medida o magnitud de probabilidad de daño o pérdida de un componente o sistema territorial expuesto a la amenaza al exceder su nivel de tolerancia o respuesta; por tanto, constituye el factor interno del riesgo que se manifiesta por su fragilidad o debilidad frente al evento natural.

El concepto de "*exposición*" o "*elementos en riesgos*" se refiere a la distribución espacial de la población, actividades económicas, bienes materiales, obras de ingeniería civil, servicios públicos, etc., sobre las que puede impactar el fenómeno natural peligroso.

Clasificación de las amenazas según el INETER

En 1988, se creó el Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en Centro América (CEPREDENAC) que tiene como elemento de trabajo mejorar, profundizar y difundir el conocimiento de los fenómenos de la naturaleza que caracterizan el entorno de todos los países de la región y que constituye las llamadas “*Amenazas naturales*”,

El Instituto de Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) ha desarrollado estudios de alta calidad sobre amenazas durante muchos años y como producto ha preparado y presentado una compilación, sistematización y análisis de las amenazas naturales en Nicaragua, producto de la labor de científicos e instituciones nacionales.

En el libro “*Amenazas Naturales de Nicaragua*” publicado por el INETER en noviembre del 2001 presenta una descripción de las amenazas naturales de Nicaragua, en base a la información existente a la fecha.

Para el análisis de amenazas se utilizará la información oficial sobre la “Clasificación de los municipios de Nicaragua por amenazas naturales” del INETER. Para la clasificación de los municipios por amenazas naturales se realizó una ponderación, la cual sigue la siguiente fórmula:

$$\sum 1(\text{Sismos}) + 1(\text{Sequía}) + 1(\text{Inundaciones}) + 1(\text{Huracanes}) + 0.5(\text{Volcanes}) \\ + 0.5(\text{Deslizamiento}) + 0.5(\text{Tsunamis})$$

Con esta ponderación el INETER elaboró la valoración de la “*Priorización de municipios por amenazas naturales*”, en donde se utiliza una escala para la ponderación de amenazas es de 0 a 10, para cada una de las siete amenazas naturales principales, en base a la información existente a la fecha sobre el nivel relativo de amenaza natural a que está expuesto cada municipio.

Siendo la escala de clasificación de amenazas utilizada, la siguiente:

0	Ninguna
1 - 4	Baja
5 - 7	Moderada
8 - 10	Alta

Situación de riesgo del proyecto

En base al análisis y metodología utilizada por el INETER y descrita anteriormente, el municipio de Yalagüina, territorio en el cual se pretende establecer el proyecto, se ubica en el lugar “50”, comparado con el municipio de mayor priorización con el lugar “1” (El Viejo) y el de menor priorización con el lugar “151” (Corm Island), ver tabla # 21

Tabla # 21 – Priorización de municipios por amenazas naturales

No.	Municipio	Sismos	Huracanes	Sequía	Inundaciones	Volcanes	Deslizamiento	Tsunami	Total	Total ponderado (5.5)
1	El Viejo	9	6	7	10	4.5	2.0	5.0	43.5	8
50	Yalagüina	8	6	7	0	4.0	1.5	1.5	28	5
151	Corn Island	4	3	0	0	0	0	1	8	1

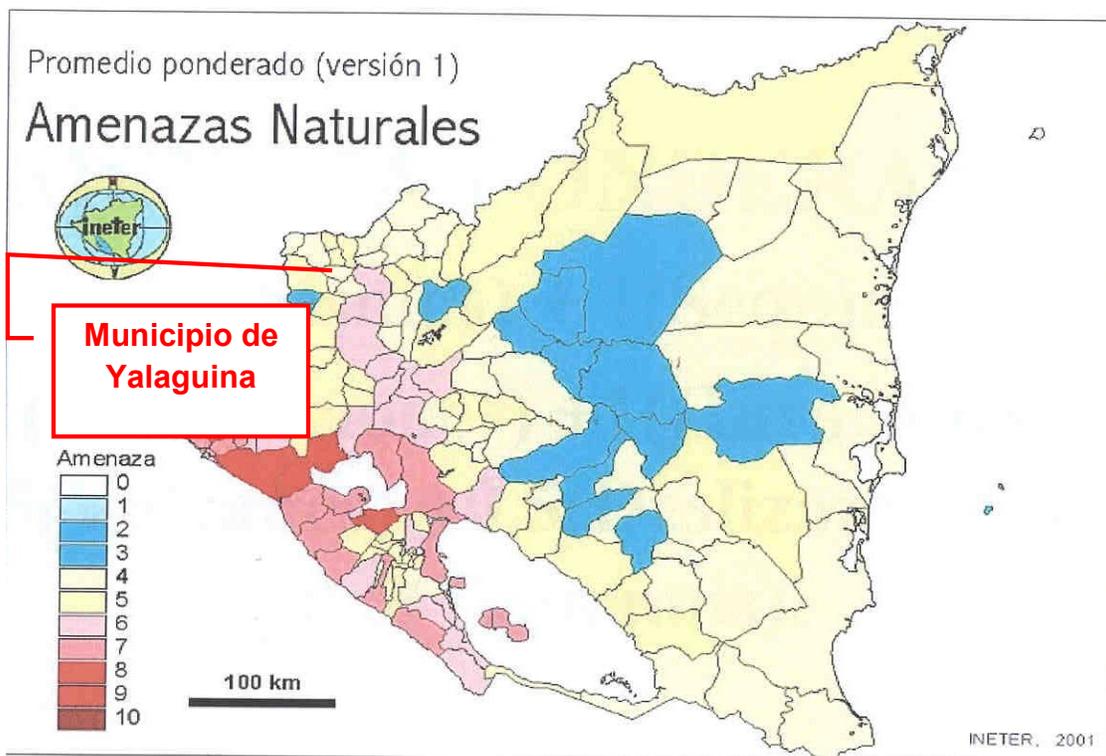
En conformidad a estos resultados, Yalagüina como municipio, La amenaza ponderada para los 7 eventos anteriormente analizados es de 5, clasificada como “moderada” en su límite inferior acercándose a baja, según libro de amenazas

naturales de Nicaragua,. La tabla #22 : muestra la escala de cada una de las “Amenazas Naturales” y su respectiva clasificación.

Tabla: Ponderación de amenazas para el municipio de Yalagüina

No.	Amenaza	Escala	Clasificación			
			Alta	Moderada	Baja	Ninguna
1	Sísmica	8	X			
2	Huracán	6		X		
3	Sequía	7		X		
4	Inundación	0				X
5	Volcánica	4			X	
6	Deslizamiento	1.5			X	
7	Tsunami	1.5			X	

A nivel de municipio, Yalagüina, las amenazas altas que posee, es únicamente la Amenaza Sísmica, las amenazas moderadas es la sequía y de huracanes respectivamente.



Fuente: Amenazas Naturales de Nicaragua /INETER

Análisis de amenazas en el sitio propuesto para establecer el proyecto

El presente análisis se basa de los resultados del abordaje del medio en el sitio en el que se pretende establecer el vertedero del proyecto de sistema de tratamiento de residuos sólidos del municipio de Yalaguina.

Dicho abordaje fue realizado mediante diferentes acciones que van desde recopilación de información documental de estudios previos, la observación del sitio análisis de campo sobre los elementos, socioeconómicos, levantamiento topográfico, teniendo en cuenta los resultados de análisis de suelos así como los respectivos estudios hidráulico e hídrico.

Ante lo cual se determina que a diferencia del comportamiento de riesgo del municipio en general, en el sitio del proyecto, la incidencia de amenazas con algún nivel de importancia pueden considerarse el riesgo de deslizamiento, ocasionado por procesos de erosión hídrica y en orden descendente, el riesgos sísmico, a como se describe a continuación.

Amenazas de deslizamiento

Según el Mapa de peligros y propuesta de zonificación territorial, Alcaldía de EL Jícaro, COSUDE, 2001, el sitio establecido para el vertedero, se encuentra ubicado dentro de la zona propuesta B (requiere corrección del uso del suelo). Siendo una zona que por definición es la que se presenta procesos de deslizamiento, acción erosiva, actualmente sobre explotada por actividades agropecuarias, deforestación quemas. Presencia de acción erosiva, y degradación de suelo. Con suelo de vocación forestal.



Imagen # 1: cauce por escorrentías borde sur del sitio propuesto para el vertedero

La margen oeste del sitio, es recorrida con dirección noroeste a suroeste por una depresión, visualizándose sobre ella algunos deslizamientos inducidos (probablemente) por el socavamiento generado por escorrentías de invierno (recurrentes), provenientes de las obras de drenaje de la vía que bordea el lugar.

Uno de los fenómenos que podría ocasionar mayores consecuencias en el municipio y en el sitio propuesto para el vertedero, es la **erosión hídrica**, debido a las características morfológicas del área como son: relieve muy irregular con grandes alturas y pendientes (en el sitio) que oscilan entre el 33% en la parte más pronunciada al sur del terreno, hasta del 22% en la parte norte del terreno.

Vinculado a lo anterior y favoreciendo a este efecto, es el hecho de que el sitio presenta un alto grado de alteración y meteorización de rocas, suelos desprovistos de vegetación y la presencia de lluvias de larga duración, lo que contribuye al arrastre de material pendientes abajo y la acumulación de este material en las zonas baja.



Imagen # 2 : Deslizamientos en el borde del cauce existente en el sitio del



Figura # 3 : Dirección del cauce en el sitio del vertedero.

El panorama antes expuesto, confirma que el territorio es vulnerable ante este tipo de amenazas, aunque con consecuencias de poca relevancia por las características del proyecto que se pretende implantar, representando un nivel de riesgo al que hay al menos tomarlo en cuenta, siendo las vías de comunicación los elementos más expuestos, las que presentan un continuo y progresivo socavamiento, que se acelera durante la estación lluviosa, pudiendo dificultar el acceso al sitio.

Por su parte el municipio presenta un bajo nivel de peligro, vulnerabilidad y riesgo debido a fenómenos de inestabilidad.



Figura # 4 : Ubicación del municipio de El Jicaro en las zonas de mananzas sísmicas de Nicaragua, fuente INETER.

Amenazas sísmica

De acuerdo a estudios realizados por el INETER, el peligro por sismicidad en el municipio de Yalagüina, es similar que el resto del territorio segoviano; es decir, caracterizado por sismos de baja intensidad, los cuales están relacionados a fallamiento superficial y a la influencia de la actividad sísmica de la zona de subducción por el choque entre las placas tectónicas Coco y Caribe.

Las magnitudes de los sismos registrados no superan los 4.5 grados en la escala Richter; sin embargo, no se descarta la posibilidad de que a pesar de su baja magnitud y siendo estos muy localizados y someros (menor de 20 km de profundidad) puedan ser percibidos y provocar alarma entre los pobladores del municipio, tal como ha sucedido en el pasado, por ej.: los terremotos ocurridos en el año 1953 en la ciudad de Somoto (Alejandro Morales H. INETER-Geofísica-Sismología), en el año 1972 en Managua y en el 2001 en El Salvador.

Por su parte el mapa indicativo de peligros y propuesta de zonificación territorial elaborado por la Alcaldía del municipio de Yalagüina, con la cooperación de COSUDE en el año 2001, el territorio del municipio, posee poca actividad tectónica, para un nivel de peligrosidad sísmico medio, así mismo ilustra en el sitio propuesto para el vertedero la finalización de una falla geológica que tiene dirección Noreste a Suroeste, recorriendo sobre la margen oeste del mismo, recorriéndolo paralela al cerco, una distancia aproximada de cien metros.

Es válido mencionar que este fallamiento fue imperceptible a simple vista al momento de realizar la inspección del sitio. Mas sin embargo podemos inducir (por indicios cercanía, dirección, morfología), que el cauce que recorre el costado oeste del sitio, es una continuidad de la falla geológica identificada en el mapa de peligros del 2001 (*ver imagen # 4, imagen # 5 Imagen satelital del área del proyecto*).

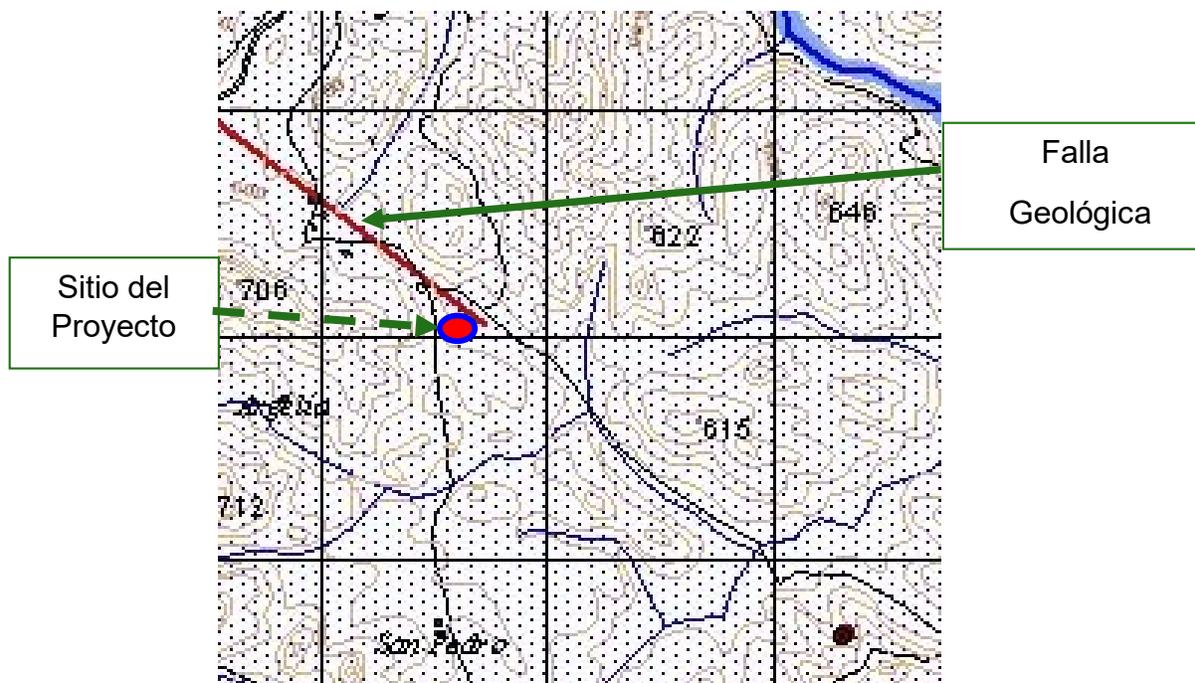


Imagen # 5: Sección del Mapa de peligros y propuesta de zonificación territorial Alcaldía de EL Jicaro, COSUDE, 2001.

Amenazas de sequía

A pesar de que la amenaza de sequía es una de las incidencias sobresalientes a nivel de municipio, por las características del proyecto este elemento es de poca relevancia sobre el sitio en que pretende desarrollarse.

Amenazas Antropogénicas

Amenaza antropogénica se refiere al conjunto de acciones realizadas por el hombre, las que a veces pueden ser para satisfacer sus necesidades básicas y otras veces pueden responder a patrones culturales, tales como: el uso inadecuado de los recursos naturales y el mal manejo de suelos (quemados y corte de árboles sin control, prácticas agrícolas inapropiadas), que conllevan a la degradación del medio ambiente, contribuyendo a la aceleración de amenazas naturales.

Generalmente la contaminación ambiental se relaciona con el desarrollo, la implantación de nueva tecnología e industrialización de los pueblos. El municipio de Yalagüina, no cuenta con sistemas de alta tecnología, ni industrias, sin

embargo presenta cierto nivel de contaminación ambiental producto de la deforestación y diseminación de productos químicos como fertilizantes y pesticidas en áreas cultivables, afectando a los humanos, animales y fauna, a como se evidencia en el sitio del proyecto.



Imagen #7 : Actividades de deforestación en el área colindante al sitio propuesto para



Imagen #8 : Practicas de cultivo inadecuada, en áreas colindante al sitio propuesto

Evaluación de amenazas naturales sobre el sitio del proyecto

Para este estudio general del riesgo sobre el sitio propuesto para el vertedero, se tomaron los mismos criterios utilizados por INETER para el análisis de amenazas naturales de Nicaragua: amenaza sísmica, de huracán, de sequía, inundación, volcánica, deslizamiento y tsunami.

Estos elementos se evalúan utilizando una matriz sencilla de riesgo, valorados, en base a la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos y a las consecuencias que podría tener el mismo. Es decir, su importancia o magnitud, con lo que se persigue identificar el lugar en que se encuentra cada uno de esos elementos, respecto al riesgo físico para el proyecto.

En tal sentido para el criterio de probabilidad se utiliza una escala de valores de 1 a 5 donde 1 es la menor probabilidad y 5 la mayor, a como se muestra a continuación.

5 Muy Probable.

4 Bastante probable.

3 Probable.

2 poco probable.

1 improbable.

Por su parte la magnitud es medida de “A” a “E” donde “A” corresponde a consecuencias no importantes y “E” a consecuencias catastróficas.

	Probabilidad/Importancia	A	B	C	D	E
1	Amenaza Sísmica		3			
2	Amenaza de Huracán	2				
3	Amenaza de Sequía	5				
4	Amenaza Volcánica	1				
5	Amenaza de Inundación	1				
6	Amenaza de Deslizamiento			3		
7	Amenaza de Tsunami	1				

Como resultado del análisis de las amenazas, de los siete elementos amenazantes evaluados, tenemos que solamente el riesgo de deslizamiento y sísmico, tienen una probabilidad considerable de ocurrencia sobre el sitio, aunque con efectos de moderada importancia.

En el caso del deslizamiento tiene como causa la erosión hídrica. El deslizamiento podemos relacionarlo con el riesgo sísmico, lo que podría haber conformado el

cauce presente en el borde del sitio, el mismo que se aprovechará para el vertido de los lixiviados ya tratados.

Anexo 5.- Glosario

Análisis FODA: Es una metodología de estudio de la situación competitiva de una empresa o institución en su mercado y de las características internas de la misma a efecto de determinar sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas.

Barrido y limpieza: Es el conjunto de actividades tendientes a dejar las áreas públicas libres de todo residuo sólido esparcido o acumulado.

Carga orgánica: Cantidad de materia orgánica generalmente medida como DBO5 (Demanda Bioquímica de Oxígeno a los 5 días).

Compost: Mejorador del suelo que se obtiene luego de un proceso de descomposición de los residuos sólidos orgánicos en condiciones húmedo aeróbicas (con presencia de oxígeno).

Disposición final: Procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar los residuos sólidos como última etapa de su manejo en forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura.

Estación de transferencia: Es la instalación dedicada al manejo y traslado de residuos sólidos de un vehículo recolector a otro con mayor capacidad de carga, que los transporta hasta su sitio de aprovechamiento o disposición final.

Gestión Integral de residuos sólidos: Toda actividad técnica administrativa de planeamiento, coordinación, concertación, diseño, aplicación y evaluación relacionada con el manejo apropiado de residuos sólidos.

Incineración: Método de tratamiento, que consiste en la combustión controlada de los residuos sólidos en instalaciones apropiadas para tal fin.

Lineamiento estratégico: Permite conducir y orientar a la organización para aprovechar las circunstancias cambiantes del entorno, reduciendo o eliminando los riesgos desde sus mejores recursos y competencias, superando aquellas áreas que le impidan un mejor desarrollo de tal manera de lograr los objetivos y metas propuestas.

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

Manejo Integral de residuos sólidos: Toda actividad técnica operativa de residuos sólidos que involucre manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final u otro procedimiento, desde la generación hasta la disposición final.

Oxígeno disuelto: Oxígeno gaseoso que se encuentra en disolución en el agua y que satisface la demanda inmediata de oxígeno en un vertido.

Producción per-cápita (PPC): Generación unitaria de residuos sólidos, casi siempre se refiere a la generación de residuo sólido por persona y por día, aunque también este concepto se puede aplicar a residuos no domiciliarios (por ejemplo, kilogramos de residuo sólidos por restaurante y por día).

Reciclaje: Toda actividad que permite reusar el residuo sólido mediante un proceso de transformación para cumplir su fin inicial u otros fines (por ejemplo, producir compost).

Recuperación: Toda actividad que permita reusar partes o componentes que constituyen residuo sólido.

Reuso: Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reusó al reciclaje, recuperación y reutilización.

Segregación: Acción de agrupar determinados componentes o elementos físicos de los residuos sólidos para ser manejados en forma especial.

DOCUMENTACION