

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS Y AMBIENTALES

SISTEMATIZACIÓN DE MANEJO DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS, EN LA PLANTA TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS, EN EL INSTITUTO RECREACIÓN DE LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA DE GUATEMALA, IRTRA, EN EL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN ZAPOTITLÁN, DEL DEPARTAMENTO DE RETALHULEU, GUATEMALA, C.A.

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR

Guillermo Venancio Ramos Quich

En el acto de investidura como

**INGENIERO AGRÓNOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO

Guatemala, noviembre 2,017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

DR: CARLOS GUILLERMO ALVARADO CEREZO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

| | |
|-----------------------|--|
| DECANO: | Ing. Agr. Mario Antonio Godínez López. |
| VOCAL PRIMERO: | Dr. Tomás Antonio Padilla Cambara. |
| VOCAL SEGUNDO: | Ing. Agr. César Linneo García Contreras. |
| VOCAL TERCERO: | Ing. Agr. Erberto Raúl Alfaro Ortiz. |
| VOCAL CUARTO: | Bachiller Industrial. Milton Juan José Cana |
| VOCAL QUINTO: | Perito Agrónomo. Cristian Alexander Méndez. |
| SECRETARIO: | Ing. Agr. Juan Alberto Herrera Ardón. |

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Guatemala, noviembre de 2,017

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el trabajo de Graduación:

“SISTEMATIZACIÓN DE MANEJO DE LOS DESECHOS Y RESIDUOS SÓLIDOS, EN LA PLANTA TRATAMIENTO DE DESECHOS SÓLIDOS, EN EL INSTITUTO RECREACIÓN DE LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA PRIVADA DE GUATEMALA, IRTRA, EN EL MUNICIPIO DE SAN MARTÍN ZAPOTITLÁN RETALHULEU, GUATEMALA, C.A.”,

como requisito previo a optar al Título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobación, me es grato suscribirme.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS

GUILLERMO VENANCIO RAMOS QUICH

ACTO QUE DEDICO

A:

Dios:

Dador de la sabiduría y el entendimiento.

Mi Padre:

Venancio Ramos Chochóm. Gracias por su apoyo incondicional para alcanzar la meta (Q.E.P.D)

Mi Madre:

Juana Quiché Sacor. Gracias por su amor y comprensión durante mi carrera en la universidad (Q.E.P.D)

Mis hermanos (as):

Por su apoyo y comprensión, por formar parte de este éxito de la familia.

Mis Sobrinas:

Un gran ejemplo para la familia.

A mi esposa:

Por su esfuerzo y apoyo en esta investigación.

Mis catedráticos:

Ingenieros de la Facultad de Agronomía, por su enseñanza académica, esmero y dedicación a los estudiantes.

A la Universidad:

De San Carlos de Guatemala y a la Facultad de Agronomía.

Compañeros:

De la Facultad de Agronomía, Universidad de San Carlos de Guatemala.

TRABAJO DE GRADUACIÓN

- A:**
Dios Padre, un gran amigo que me guía en el trabajo, creador del universo.
- Mi Familia:** Por su mutua colaboración, que ha permitido desarrollarme en mi vida como profesional.
- Mi Pueblo:** San Sebastián Retalhuleu, terruño de ensueño, mi tierra natal que me vio crecer, realizar mi sueño y alcanzar mi meta como profesional.
- Universidad:** San Carlos de Guatemala.
- Facultad de:** Agronomía.
- IRTRA:** Junta directiva del Instituto recreación de la empresa Privada de Guatemala.
- Los colaboradores:** Departamento Planta tratamiento de desechos sólidos, Parque temático Xetulul, oficina de mantenimiento y Administración de parque recreativo de Retalhuleu.

AGRADECIMIENTOS

A

Dios.

IRTRA:

Por su valiosa autorización de realizar la investigación de estudio sistematización de manejo de los desechos sólidos en la planta tratamiento de desechos sólidos y residuos sólidos del IRTRA.

Ing. Ana Virginia Mayorga.

Por su apoyo y valiosa colaboración.

Ing. César Barrientos.

Por su conocimiento, experiencia y aportes al presente documento sobre el manejo desechos Sólidos. Ex asesor de la Planta Tratamiento de desechos Sólidos del IRTRA.

Ing. Oscar medinilla

Por sus valiosos aportes para enriquecer el presente documento de tesis.

Ing. Julio Armando Teletor

Asesor del documento de la empresa privada del IRTRA por su conocimiento y colaboración en la elaboración de este documento de tesis.

FAUSAC Y USAC:

Por permitirme formarme como ingeniero agrónomo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| | página |
|--|----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. MARCO TEÓRICO | 2 |
| 2.1 Marco Conceptual..... | 2 |
| 2.1.1 Desechos sólidos | 2 |
| 2.1.2 Tipos de desechos | 2 |
| A. Desechos domésticos y comerciales | 2 |
| B. Desechos institucionales..... | 3 |
| C. Desechos de la construcción y demolición..... | 4 |
| D. Desechos de los servicios municipales | 4 |
| E. Desechos de plantas tratamiento y otros desechos..... | 4 |
| F. Desechos industriales | 4 |
| G. Desechos agrícolas..... | 4 |
| 2.1.3 Composición de los desechos sólidos..... | 4 |
| 2.1.4 Gestión de desechos sólidos..... | 5 |
| A. Generación de desechos | 5 |
| B. Prerrecogida..... | 5 |
| C. Recogida | 5 |
| D. Recogida selectiva | 5 |
| E. Estaciones de transferencia | 5 |
| F. Transferencia y transporte..... | 6 |
| G. Tratamiento | 6 |
| H. Compostaje | 6 |
| I. Incineración | 6 |
| J. Gasificación..... | 7 |
| K. Evacuación..... | 7 |
| 2.1.5 Tipos de vertederos y clasificación según la topografía del terreno | 7 |
| A. Vertederos en área..... | 7 |
| B. Vertederos en trinchera | 8 |
| C. Vertederos en vaguada o depresión | 8 |
| D. Vertederos en ladera | 8 |
| E. Producción de lixiviados | 8 |
| 2.1.6 Muestreo | 9 |
| 2.1.7 Técnicas de muestreo | 10 |
| 2.1.8 Determinación de la población muestral..... | 11 |
| 2.1.9 Análisis físico de los residuos sólidos | 12 |
| 2.2 Marco referencial | 14 |
| 2.2.1 Ubicación geográfica de la planta de tratamiento..... | 14 |
| 2.2.2 Municipio de Santa Cruz Muluá..... | 14 |
| 2.2.3 Municipio de San Martín Zapotitlán | 15 |
| 2.2.4 Instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala – IRTRA | 16 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 2.2.5 | Presidencia y administración del IRTRA | 17 |
| 2.2.6 | Creación del instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala | 17 |
| 2.2.7 | Logros y reconocimientos a nivel nacional e internacional para el Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala | 18 |
| A. | Orden del quetzal en el grado de Gran Oficial | 18 |
| B. | Premios y condecoraciones nacionales | 18 |
| C. | El Golden ticket | 19 |
| D. | Medalla Presidencial del medio ambiente del CACIF | 20 |
| E. | Certificados Internacionales por cultura de seguridad del IRTRA | 20 |
| 2.2.8 | Parque de diversión Xetulul..... | 21 |
| A. | Justificación técnica del proyecto, obra, industria o actividad y sus alternativas..... | 22 |
| 2.2.9 | Parque acuático Xocomil..... | 23 |
| A. | Ubicación política administrativa | 23 |
| 2.2.10 | Descripción del parque acuático Xocomil..... | 24 |
| A. | Ubicación geográfica y área de influencia del proyecto | 25 |
| 2.2.11 | Parque ecológico Xejuyup | 25 |
| 2.2.12 | Hostales del IRTRA | 26 |
| A. | Ubicación geográfica y área de influencia del proyecto | 26 |
| B. | Concordancia con el plan de uso del suelo | 27 |
| 2.2.13 | Manejo y disposición final de desechos..... | 27 |
| A. | Manejo de desechos sólidos | 27 |
| B. | Separación en la fuente | 28 |
| C. | Planta de tratamiento de desechos sólidos..... | 28 |
| D. | Residuos orgánicos..... | 30 |
| E. | Convenio con PRO-VERDE | 30 |
| F. | Relleno sanitario controlado..... | 30 |
| 3. | OBJETIVOS..... | 31 |
| 3.1 | Objetivo general..... | 31 |
| 3.2 | Objetivo específicos..... | 31 |
| 4. | METODOLOGIA | 32 |
| 4.1 | Reconocimiento y delimitación del área de estudio | 32 |
| 4.2 | Ubicación de puntos disposición de desechos sólidos | 32 |
| 4.3 | Elaboración de un estudio sistematizado del manejo de los desechos y/o residuos sólidos en la planta tratamiento del IRTRA..... | 32 |
| A. | Primer vertiente | 32 |
| B. | Segundo vertiente | 32 |
| C. | Relleno sanitario..... | 32 |
| D. | Laguna de lixiviado..... | 32 |
| 4.4 | Inventario de los desechos sólidos que se generan en los parques recreativos del IRTRA..... | 33 |
| 4.4.1 | Horario de inventario de muestreo | 33 |
| 4.4.2 | Estaciones de transferencia | 33 |
| 4.4.3 | Tipos de desechos y/o residuos de cada parque | 35 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.4.4 | Determinación de la composición física y características de los desechos sólidos producidos en los parques recreativos del IRTRA. | 35 |
| A. | Horarios de recolección..... | 36 |
| 4.4.5 | Recopilación de la información actualizada para el manejo de los desechos sólidos y/o residuos sólidos de la planta del IRTRA. | 39 |
| 4.4.6 | Evaluación de los diferentes sistemas que cuenta la planta tratamiento de desechos sólidos del IRTRA | 40 |
| 4.4.7 | Sistemas de compostaje | 40 |
| 4.5 | Características de los residuos sólidos a compostar | 41 |
| 4.5.1 | Relación carbono-nitrógeno (C/N) | 41 |
| 4.5.2 | Capacitación constante de los empleados recientes..... | 41 |
| 4.5.3 | Mejora continua en las instalaciones de la planta tratamiento de desechos sólidos | 41 |
| 4.5.4 | Evaluación de implementación de un nuevo relleno sanitario simplificado | 41 |
| 4.5.5 | Evaluación de muestreo y análisis de fertilizante orgánico | 41 |
| 4.5.6 | Evaluación de muestreo de laguna facultativa y plantas de aguas residuales | 41 |
| 4.6 | Materiales y equipos..... | 42 |
| 4.6.1 | Materiales..... | 42 |
| 4.6.2 | Recursos, institución y colaboradores | 42 |
| A. | IRTRA parque temático Xetulul..... | 42 |
| B. | Perfiles y puestos de los colaboradores de la planta de tratamiento IRTRA..... | 43 |
| 5. | RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 46 |
| 5.1 | Descripción general de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del IRTRA en San Martín Zapotitlán, Retalhuleu..... | 46 |
| 5.2 | Sistemas de tratamiento de desechos sólidos..... | 48 |
| 5.2.1 | Sistema de clasificación en forma manual: se realiza en la mesa de selección y/o clasificación de basura en la planta | 48 |
| A. | Mesa de selección y clasificación de basura..... | 48 |
| B. | Sistema en cámaras de compost: primera fase | 49 |
| C. | Sistema cámara de compost: segunda fase..... | 50 |
| D. | Sistema relleno sanitario | 52 |
| E. | Sistema laguna de lixiviado | 53 |
| 5.3 | Inventario de residuos sólidos de los parques del IRTRA..... | 56 |
| 5.4 | Composición de los residuos sólidos de los parques recreativos del IRTRA se desarrollan de la siguiente forma..... | 60 |
| 5.5 | Análisis físico de los desechos sólidos | 61 |
| 5.5.1 | Producción per cápita por día de desechos sólidos (PPC)..... | 61 |
| 5.5.2 | Composición física | 63 |
| 6. | CONCLUSIONES | 78 |
| 7. | RECOMENDACIONES..... | 81 |
| 8. | BIBLIOGRAFÍA | 82 |
| 9. | ANEXOS | 84 |
| 1. | Sistema de manejo de desechos sólidos, IRTRA de Retalhuleu | 84 |

| | |
|--|-----|
| 2. Escenario previo al proyecto..... | 84 |
| 3. Análisis financiero..... | 85 |
| 4. Reducción de emisiones..... | 86 |
| 4.1 Metodología..... | 86 |
| 4.2 Variables..... | 86 |
| 3.3 Fórmula..... | 87 |
| 4.4 Estimación..... | 87 |
| 4.5 Conclusión..... | 87 |
| 5. Barreras de implementación..... | 87 |
| 6. Condiciones para una exitosa implementación..... | 88 |
| 7. Discusión de resultados de aguas residuales..... | 96 |
| 8. Recomendaciones según cada parámetro..... | 96 |
| 9. Plan de manejo de desechos sólidos en la gestión ambiental municipal..... | 108 |
| 9.1 Análisis FODA aplicado..... | 108 |
| 9.2 Análisis FODA Aplicado se desarrolla de la siguiente manera..... | 108 |
| A. Fortalezas de los servicios..... | 108 |
| B. Oportunidad de los servicios..... | 109 |
| C. Debilidades de los servicios..... | 109 |
| D. Amenazas de los servicios..... | 110 |
| 10. Análisis de los suelos del IRTRA..... | 111 |
| 11. Análisis de compost del IRTRA..... | 113 |
| 12. Aplicación de compost por unidad de área..... | 115 |
| 13. La gestión adecuada de los desechos sólidos..... | 118 |
| 14. Gestión de los desechos sólidos en IRTRA – Retalhuleu..... | 119 |

INDICE DE CUADROS

| | | página |
|-------------|---|---------------|
| Cuadro 1. | Servicios sanitarios en el parque Xetulul..... | 22 |
| Cuadro 2. | Empleados por departamento del parque Xetulul | 23 |
| Cuadro 3. | Coordenadas del parque acuático Xocomil..... | 25 |
| Cuadro 4. | Coordenadas geográficas de Hostales del IRTRA..... | 26 |
| Cuadro 5. | Clasificación del suelo, San Martín Zapotitlán, Retalhuleu..... | 27 |
| Cuadro 6. | Clasificación de desechos sólidos en la planta de tratamiento | 29 |
| Cuadro 7. | Inventario de composición de desechos sólidos Xetulul..... | 56 |
| Cuadro 8. | Inventario de composición de desechos sólidos Xocomil..... | 57 |
| Cuadro 9. | Inventario de composición de desechos sólidos Hostales | 58 |
| Cuadro 10. | Composición porcentual de la generación de los residuos sólidos de los parques recreativos..... | 60 |
| Cuadro 11. | Visitantes y empleados del parque temático Xetulul, parque acuático Xocomil y Hostales del IRTRA..... | 63 |
| Cuadro 12. | Composición de los desechos sólidos: método del cuarteo | 64 |
| Cuadro 13. | Composición de los desechos: muestreo total (usando el 100 % de los desechos sólidos. Parque temático Xetulul..... | 65 |
| Cuadro 14. | Composición de los desechos sólidos: método del cuarteo | 69 |
| Cuadro 15. | Composición de los desechos sólidos: muestreo total (usando el 100 % de los desechos sólidos del parque acuático Xocomil) | 70 |
| Cuadro 16. | Composición de los desechos sólidos: método del cuarteo | 74 |
| Cuadro 17. | Composición de los desechos muestreo total (usando el 100 % de los desechos sólidos, hostales del IRTRA)..... | 75 |
| Cuadro 18A. | Localización planta tratamiento, IRTRA | 84 |
| Cuadro 19A. | Especificaciones económicas | 85 |
| Cuadro 20A. | Cálculo volumétrico en quintales de generación de desechos sólidos del año 2,015 de ambos parques recreativos del IRTRA..... | 88 |
| Cuadro 21A. | Valores porcentuales de los desechos sólidos de los parques recreativos del IRTRA | 89 |
| Cuadro 22A. | Volumen de materiales reciclados expresados en quintales 2015..... | 89 |
| Cuadro 23A. | Valores porcentuales de desechos sólidos material reciclable, material inerte y materia orgánica de 2,015..... | 90 |
| Cuadro 24A. | Ventas de materiales reciclados 2015..... | 90 |

| | |
|--|-----|
| Cuadro. 25A. Informes de laboratorio de aguas residuales y laguna de lixiviado. | 91 |
| Cuadro 26A. IRTRA, Xocomil y Xetulul | 92 |
| Cuadro 27A. IRTRA Xocomil y Xetulul | 93 |
| Cuadro 28A. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos | 94 |
| Cuadro 29A. Artículo 20. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores..... | 94 |
| Cuadro 30A. Discusión de resultados | 95 |
| Cuadro 31A. Comparación de resultados de todas las salidas de planta de tratamiento (agua residual ordinaria) IRTRA Xocomil y Xetulul | 97 |
| Cuadro 32A. Datos obtenidos de la empresa pro-verde | 99 |
| Cuadro 33A. Análisis químico de suelo | 111 |
| Cuadro 34A. Comparación entre las diferentes muestras de suelo del IRTRA..... | 111 |
| Cuadro 35A. Disposición de macronutrientes y micronutrientes por m ² de suelo | 112 |
| Cuadro 36A. Análisis de compost en maduración | 113 |
| Cuadro 37A. Producción de sustrato con abono | 114 |
| Cuadro 38A. Área que abarca cada proporción de sustrato abonado..... | 114 |
| Cuadro 39A. Cantidad de broza por metro cuadrado de suelo | 114 |
| Cuadro 40A. Aplicación de compost | 115 |
| Cuadro 41A. Profundidad de sustratos | 115 |
| Cuadro 42A. Mezcla composición de las proporciones..... | 116 |
| Cuadro 43A. Coordenadas de los puntos sub-muestreos de suelo del IRTRA..... | 122 |

INDICE DE FIGURAS

| | | página |
|------------|---|--------|
| Figura 1. | Clasificación de plástico | 3 |
| Figura 2. | Análisis por cuarteto..... | 12 |
| Figura 3. | Mapa de ubicación geográfica de la planta tratamiento del IRTRA, Retalhuleu | 14 |
| Figura 4. | Mapa de ubicación de los parques recreativos del IRTRA, Retalhuleu..... | 16 |
| Figura 5. | Distribución de los complejos y parques del IRTRA, Retalhuleu..... | 21 |
| Figura 6. | Mapa del municipio de San Martín Zapotitlán, Retalhuleu | 24 |
| Figura 7. | Fotografía de viveros forestales del IRTRA..... | 26 |
| Figura 8. | Mapa de localización del complejo hotelero "Hostales del IRTRA", San Martín Zapotitlán, Retalhuleu | 27 |
| Figura 9. | Fotografía de la secuencia de tratamiento de residuos sólidos..... | 28 |
| Figura 10. | Fotografía del material orgánico en cámara de compost | 38 |
| Figura 11. | Fotografía de material recuperable reciclable | 38 |
| Figura 12. | Fotografía de material recuperable de pacas..... | 39 |
| Figura 13. | Fotografía de material no recuperable inerte | 39 |
| Figura 14. | Especificaciones generales de la planta tratamiento de residuos y desechos sólidos | 46 |
| Figura 15. | Fotografía de la mesa b. Clasificación y selección de basura..... | 47 |
| Figura 16. | Fotografía de la compactadora hidráulica latas, pet y/o inertes | 47 |
| Figura 17. | Fotografía de la mesa a. Clasificación y selección de basura..... | 49 |
| Figura 18. | Fotografía de la cámara de compost de corredor de ambas cámaras de primera y segunda fase..... | 50 |
| Figura 19. | Fotografía de la galera de maduración..... | 51 |
| Figura 20. | Fotografía del relleno sanitario..... | 53 |
| Figura 21. | Fotografía de la laguna lixiviación | 54 |
| Figura 22. | Organigrama del tratamiento y disposición final de los residuos sólidos de la planta tratamiento del IRTRA..... | 55 |
| Figura 23. | Gráfica del inventario desechos sólidos parques IRTRA | 59 |

| | | |
|-------------|---|-----|
| Figura 24. | Gráfica de la composición de desechos sólidos expresado en porcentajes de los diferentes métodos | 61 |
| Figura 25. | Gráfica del peso de los desechos sólidos de los parques recreativos IRTRA | 62 |
| Figura 26. | Gráfica de relación de la composición de desechos sólidos producidos por año parque temático Xetulul..... | 66 |
| Figura 27. | Gráfica de materiales recuperables reciclables, parque temático Xetulul | 67 |
| Figura 28. | Gráfica de la composición de los desechos sólidos del parque Xetulul | 68 |
| Figura 29. | Gráfica de relación de la composición de los desechos sólidos producidos por año parque acuático Xocomil..... | 71 |
| Figura 30. | Gráfica de material recuperable reciclable parque Xocomil | 72 |
| Figura 31. | Gráfica de la composición de los desechos sólidos del método cuarteo Xocomil | 73 |
| Figura 32. | Gráfica de composición de desechos sólidos por año Hostales | 76 |
| Figura 33. | Gráfica de material recuperable reciclable hostales..... | 77 |
| Figura 34A. | Fotografía de la laguna lixiviada | 98 |
| Figura 35A. | Fotografía del llenado de contenedor de proverde, materiales inertes | 99 |
| Figura 36A. | Fotografía ordenando pacas en el contenedor proverde | 100 |
| Figura 37A. | Fotografía de llenado de contenedor de pacas materiales inertes | 101 |
| Figura 38A. | Fotografía ordenando pacas en el contenedor | 102 |
| Figura 39A. | Fotografía de acarreo de materiales para llenar pacas para proverde | 103 |
| Figura 40A. | Fotografía de pet compactado según el color de cada material | 104 |
| Figura 41A. | Fotografía de latas de aluminio en bolsas plásticas..... | 105 |
| Figura 42A. | Fotografía de visita de alcalde de San Juan Ixcoy Huehuetenango y delegados de USAID..... | 106 |
| Figura 43A. | Fotografía en el área de clasificación y selección de basura | 107 |
| Figura 44A. | Fotografía de latas aluminio compactado en pacas, salida de la compactadora hidráulica..... | 107 |
| Figura 45A. | Mapa de los puntos de las sub-muestras de suelo del IRTRA..... | 117 |
| Figura 46A. | Fotografía de cotización del costo de fertilizantes químicos del IRTRA, 2005 | 120 |
| Figura 47A. | Plano de construcción estanque de lixiviado de la planta de tratamiento.... | 121 |
| Figura 48A. | Mapa de los puntos de toma de sub-muestras de suelo IRTRA. Retalhuleu | 127 |

RESUMEN

En el presente documento se realizó una sistematización del manejo de los desechos y residuos sólidos en la planta de tratamiento de desechos sólidos, en el Instituto de Recreación de los Trabajadores –IRTRA- en el municipio de San Martín, realizando una investigación bibliográfica sobre la Gestión, tipos de vertedero, muestreo, composición y análisis físico químicos de los desechos sólidos que se generan en cada uno de los centros recreativos de la institución. También se realizó una actualización de los datos que se han generado en los años 2015 y 2016, fue evaluada la planta de tratamiento de desechos sólidos.

Para realizar la sistematización se delimitó el área de estudio y se realizó el análisis físico-químico de los residuos, que incluye la producción per cápita por visitante de basura (PPC) que es de 0.5 kilos / visitantes / día, y la prueba de densidad. Seguidamente se realizó un recorrido por las instalaciones para evaluar el proceso de tratamiento de desechos sólidos hasta llegar a la planta. Según datos obtenidos en el inventario de los desechos sólidos de los diferentes parques se estableció que el 46.56% es materia orgánica, el 12.03 es material reciclado y el 41.41% es material inerte, se concluye que para obtener en la mezcla homogénea de una relación C:N de 28.5:1, se deberá de mezclar un kg de residuos de alimentos por cada 2 kg de hojarasca, con lo cual se busca favorecer el proceso de descomposición dentro del sistema de la planta.

Con los datos que se obtuvieron del análisis físico químico realizado en el año 2016 en la laguna facultativa instalada dentro de la planta de tratamiento de desechos sólidos demuestra mejores resultados en cuanto al tratamiento de aguas residuales.

En general se considera que se debe implementar un nuevo proyecto de un diseño de relleno sanitario para el año 2025 para el proceso de funcionamiento y operación de la planta tratamiento de desechos sólidos del IRTRA, para que siga el proceso dentro de las instalaciones en un tiempo establecido. También debe construirse otra laguna facultativa para realizar su respectivo mantenimiento para que funcione de manera eficaz.

Actualmente el sistema de implementación de mejora continua de la laguna está construyendo un proceso de tanque de pileta clorinador para el proceso de desinfección de su salida de caudal esto implica mejora continua en la planta.

SUMMARY

In this paper, a systematization of the management of wastes and solid wastes was carried out in the solid waste treatment plant at the INSTITUTE OF RECREATION OF WORKERS –IRTRA- in the municipality of San Martin. A bibliographic investigation was made on the management, types of landfill, sampling, composition and chemical physical analysis of the solid wastes that are generated in each one of the recreational centers of the institution. In addition, the data was updated that was generated in 2015 and 2016, and the solid waste treatment plant was evaluated.

To carry out the systematization, the area of study was delimited and the physical-chemical analysis of the waste was made, which includes the per capita production per visitor of garbage (PCP), which is 0.5 kilos / visitors / day, and the density test. Next, a tour of the facilities was made to evaluate the solid waste treatment process up to the plant. According to data obtained in the solid waste inventory of the different parks, it was established that 46.56% is organic matter, 12.03% is recycled material and 41.41% is inert material. The conclusion was, that in order to obtain in the homogeneous mixture a C: N ratio of 28.5: 1, one kilogram of food residues should be mixed for every two kilograms of litter, which seeks to favor the decomposition process within the system of the plant.

With the data obtained from the physical chemical analysis carried out in 2016 in the facultative lagoon installed inside the solid waste treatment plant, showed better results in terms of wastewater treatment. It is generally considered that a new landfill design project for the year 2,025 should be implemented for the operation process of the IRTRA solid waste treatment plant at the near future.

Another facultative lagoon must also be constructed to perform its respective maintenance in order to function effectively. Currently the system of implementation of continuous improvement of the lagoon is building a chlorinator for the process of disinfection of its output flow, this implies improvement in the system of the plant.

1. INTRODUCCIÓN

En nuestro país Guatemala el crecimiento poblacional y los patrones de consumo desmedidos han provocado el aumento en la generación de los residuos y desechos sólidos. El poco interés de las autoridades municipales, el gobierno, iniciativa privada, sociedad civil, Organizaciones no gubernamentales para resolver esta problemática es evidente. En este sentido, se hace necesario que se asuman acciones que permitan un manejo eficiente de los residuos y desechos, por lo tanto se considera en la actualidad existe un sistema de tratamiento de residuos sólidos que funcionan adecuadamente la planta de tratamiento desechos sólidos del IRTRA ubicada en el municipio de San Martín Zapotitlán, del Departamento de Retalhuleu.

En el departamento de Retalhuleu, ubican los más grandes centros de diversión y entretenimiento social del Instituto de Recreación de los Trabajadores de la iniciativa privada (IRTRA), constituidos por los parques de Xetulul, Xocomil y Hostales. Los tres parques generan en conjunto de 1.00 m³ de residuos sólidos por día provenientes exclusivamente del área de restaurantes.

Respecto al IRTRA, es una Institución privada, que brinda servicios recreativos a visitantes nacionales y/o extranjeros que visitan parques recreativos Xetulul, Xocomil, y Hostales IRTRA cantidad de desechos sólidos que generan sus visitantes, por lo tanto se construyó una planta de tratamiento de desechos sólidos para contrarrestar la contaminación visual y ambiental que afecta a los vecinos que se encuentran en los alrededores de sus parques. Conforme ha transcurrido el tiempo se ha realizado procesos de mejora continua dentro de sus instalaciones debido al involucramiento e intereses de empresas privadas que le apoyan en esta labor.

La capacidad de la planta de tratamiento de desechos sólidos del IRTRA se ha considerado como modelo; está diseñada para tratar desechos y residuos sólidos con una capacidad equivalente a las necesidades de un municipio de 8,000 a 10,000 habitantes. La cantidad de visitantes incrementa según la época del año fin de año, semana santa, y aniversario de Xetulul, en estas épocas se triplica la cantidad de los visitantes que está diseñada la planta para una producción de per cápita de 0.5 kg / visitantes / día de desechos que generan en las instalaciones.

Actualmente el IRTRA, se considera un Instituto recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala que va más allá de la vanguardia de los desechos sólidos y su disposición final. La planta de tratamiento de desechos sólidos es una planta de modelo que se encuentra en el municipio de San Martín Zapotitlán, del departamento de Retalhuleu.

Actualmente en la planta han visitado más de 200 organizaciones, instituciones estatales, empresas privadas. y establecimientos desde nivel primario hasta universidades Posgrados y Maestrías. Visitas internacionales de México, Colombia y embajadores de la ONU.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco Conceptual

A continuación se presenta una serie de definiciones y conceptos básicos relacionados con los desechos sólidos.

2.1.1 Desechos sólidos

Cualquier sustancia u objeto del cual su poseedor se desprenda o tenga la intención y obligación de desprenderse (2).

2.1.2 Tipos de desechos

Para poder disponer de los desechos sólidos de forma eficaz es importante de distinguir los distintos tipos que existen.

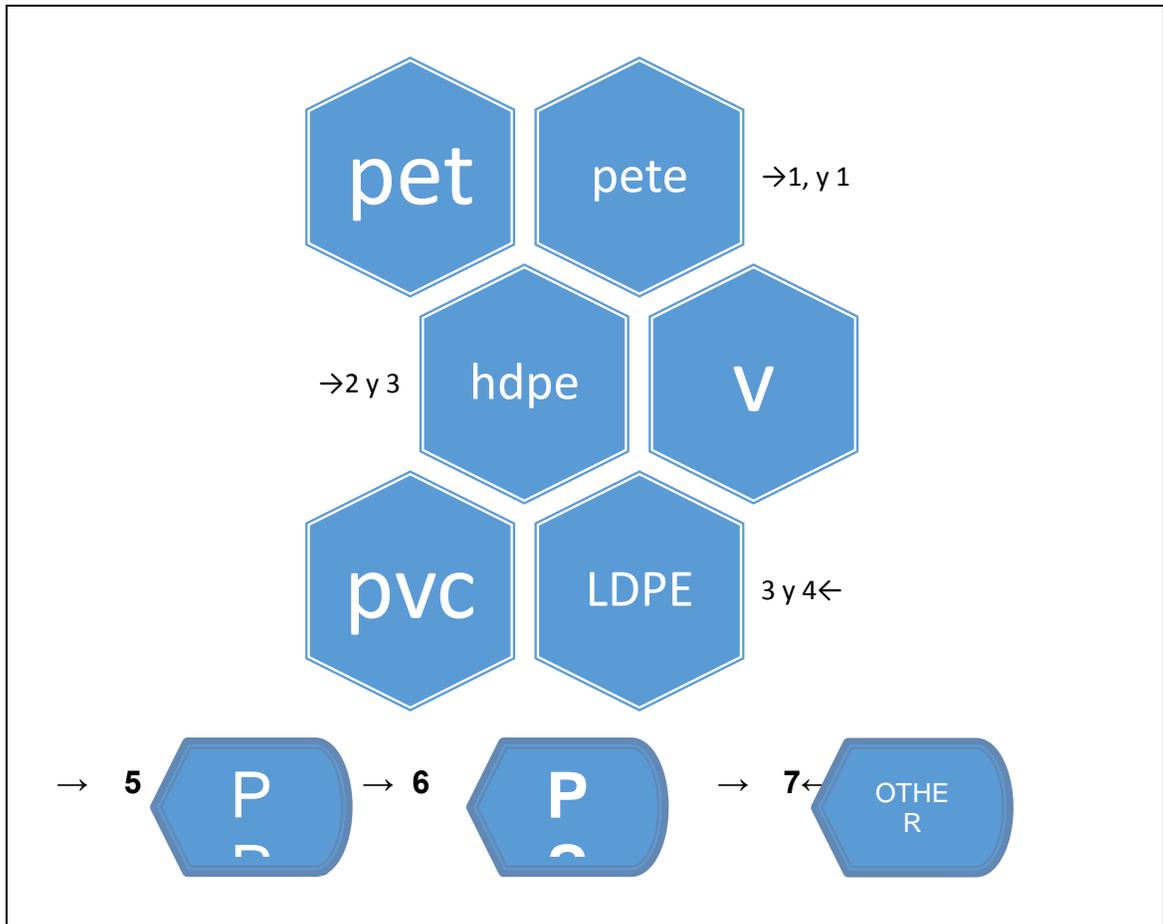
A. Desechos domésticos y comerciales

Consisten en desechos sólidos orgánicos (combustibles), e inorgánicos (incombustibles), de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. La fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo cartón, plásticos de todos los tipos, textiles goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrios, cerámica, latas de aluminio metales ferrosos, Pet y suciedad. Si los componentes de residuos no se separan cuando se desechan entonces la mezcla de estos residuos se cómo los Residuos Sólidos Urbanos (RSU), domésticos y comerciales no seleccionados (2).

Los residuos que se descomponen con rapidez se denominan residuos putrescibles, siendo su principal fuente de manipulación y preparación de comida, su descomposición provoca olores molestos y reproducción de moscas. En muchas ocasiones. A este tipo de residuos se les llama generalmente materia orgánica (2).

El papel residual encontrado en los RSU, está típicamente compuesto de periódicos libros y revista, impresos comerciales, papel de oficina, cartón embalajes de papel, otros papel no destinados al embalaje, pañuelos y toallas de papel (2).

Los materiales plásticos encontrados en los RSU, se sitúan dentro de las siguientes categorías: Pet, Hdpe, Pvc, Ldpe, Pp, Ps, y otros. A continuación se detallan en la figura 1.



Fuente: Antonio Colomer Gallardo 2,001. (2).

Figura 1. Clasificación de plástico.

En esta categoría se encuentra los desechos especiales que incluyen los artículos voluminosos que son artículos domésticos y comerciales e industriales grandes ya sean gastados o rotos, tales como muebles, lámparas, librerías y archivadores, etc. Los electrodomésticos producen de línea blanca, productos de línea gris, y productos de línea marrón (2).

Otros son los desechos peligrosos y son aquellos residuos o combinaciones de residuos que representa una amenaza sustancia, presente o potencial, a la salud pública o a los organismos vivos (2).

B. Desechos institucionales

Las fuentes incluyen centros administrativos, escuelas, cárceles y hospitales, excluyendo los residuos de fabricación de las industrias y los residuos sanitarios de los hospitales. En la mayoría de los hospitales, los residuos sanitarios son manipulados y procesan separadamente de los otros residuos (2).

C. Desechos de la construcción y demolición

Son residuos de las procedentes de la construcción remodelación y arreglos de vivienda, edificios comerciales y otras estructuras. Se componen normalmente de suciedad, piedras hormigón, armaduras ladrillos, escayola, madera, grava, pieza de fontanería, calefacción y electricidad, etc. (2).

D. Desechos de los servicios municipales

Derivan de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones municipales, incluyendo desechos de los barridos de las calles, desechos de jardinería, desechos de sumideros, animales muertos y vehículos abandonados (2).

E. Desechos de plantas tratamiento y otros desechos

Los desechos sólidos y semisólidos de aguas sucias e instalaciones de tratamiento de residuos industriales son llamados desechos de plantas de tratamiento. Las características específicas de estos materiales varían según la naturaleza del proceso de tratamiento (2).

Los materiales resultantes de la incineración de residuos de madera carbón, y otros desechos son llamados; cenizas y escorias (no incluyen residuos de las centrales térmicas). Están compuestos por materiales finos o pulverulentos, cenizas escorias de huella, vidrios cerámicas y algunos metales (2).

F. Desechos industriales

Estos son todos los desechos generados por la industria y pueden clasificarse en desechos inertes los cuales son escombros y materiales similares, en general no peligrosos. Desechos similares a los sólidos urbanos que son restos de comedores, oficinas, etc. Y por lo último los desechos peligrosos que por su descomposición química u otras características requieren un tratamiento especial (2).

G. Desechos agrícolas

Los desechos que se obtienen de las actividades relacionadas con la agricultura, la ganadería, la pesca, las explotaciones forestales o la industria alimenticia se llaman residuos agrícolas o agrarios (2).

2.1.3 Composición de los desechos sólidos

La composición de los desechos depende básicamente del modo y nivel de vida de la población y de la climatología general de la zona. Estos pueden ser los siguientes.

- Metales.
- Vidrios.
- Tierra y cenizas.
- Papel y cartón.
- Madera.
- Plásticos.
- Gomas y cuero.
- Desechos orgánicos.

- Textiles.

2.1.4 Gestión de desechos sólidos

Se entiende por gestión de desechos sólidos al conjunto de operaciones encaminadas a dar a los residuos generados al tratamiento más adecuado, desde el punto de vista ingeniería científica, económico, medioambiental y sanitario, de acuerdo con las características de los mismos y los recursos disponibles (2).

A. Generación de desechos

En esta etapa se conoce el problema de la gestión según las cantidades generadas, la composición, las variaciones temporales, etc. Con estos datos se podrá afrontar el diseño de las etapas posteriores (2).

B. Prerrecogida

Se le llama pre recogida al conjunto de operaciones realizadas desde la generación de desechos hasta el momento de la recogida, es decir, el depósito de los desechos en bolsas, y si existe recogida selectiva, la separación de fracciones. Una vez llenas las bolsas se cierran y conducen hasta el punto de depósito o área de aportación para proceder su recogida.

Los desechos se depositan en contenedores situados en punto más limpio dentro de las instalaciones, pudiendo hacerse de forma selectiva (2).

C. Recogida

Comprende las labores de recolección de los desechos depositados por los colaboradores y su transporte hasta a las plantas intermedias o estación de transferencia, vertedero o lugar de tratamiento (2).

D. Recogida selectiva

La separación de materiales como papel, cartón, vidrio, plástico, metal, material putrescible, etc., en el punto de generación es una de la formas más eficaces de recuperación para su posterior valorización mediante reciclados, reutilización, reusó, recuperación o cualquier otro proceso, por lo tanto, el principal objetivo de la recogida selectiva es separar la mayor cantidad de materiales con la mayor grado de calidad posible. Para ello es imprescindible contar dentro del sistema de gestión con un modelo adecuado de recogida selectiva en el origen (2).

E. Estaciones de transferencia

Una planta de transferencia se pueden definir como un conjunto de medio e instalaciones que permiten, de una manera estructurada y razonada, la descarga de los equipos recolectores de desechos que se utilizan en la recogida, la compactación de los desechos, mediante prensas estacionarias; la carga de los desechos compactados en contenedores cerrados y su manipulación traslado y vaciado en vertederos o centro de eliminación (2).

Las estaciones de transferencia se instalan cuando la distancia entre los núcleos de generación de desechos y las plantas de tratamiento o eliminación son muy elevadas, debido al gran número de camiones que se tendrían que desplazar de un lugar a otro. De esta forma los camiones recogedores de basura, una vez que han finalizado su itinerario de recogida y están llenos se desplazan hasta las estaciones de transferencia donde descargan los desechos y, por medio de una tolva de recepción, los desechos se acumulen y se prensan. Posteriormente esta basura almacenada es transportada hasta a la planta de tratamiento o eliminación (2).

F. Transferencia y transporte

Es la actividad por medio de la cual los residuos se alejan de la zona de generación. Comprende de la transferencia desde la zona de recogida hasta a la estación de transferencia donde se trasladan a otro camión de mayor capacidad que realiza el transporte, normalmente más largo, hasta el lugar de tratamiento o eliminación (2).

G. Tratamiento

Comprende los procesos de separación, procesado y transformación de los residuos. La separación y proceso de los residuos se realiza en instalaciones de recuperación de materiales, donde los residuos llegan en masa o separados en origen. Allí pasan por una serie de procesos; separación de voluminosos, separación manual de componentes, separación mecánica y empaquetado, obteniéndose una corriente de productos destinada al mercado de subproductos y otros de rechazos destinado al vertedero o tratamiento térmico. Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y peso de los residuos y para obtener productos y energía. Los más extendidos son el compostaje, la incineración, la pirólisis o la gasificación (2).

H. Compostaje

Es el proceso biológico más frecuentemente utilizado para la conversión de la fracción orgánica de los desechos sólidos a un material húmico estable conocido como compost. El proceso se efectúa mediante la fermentación controlada (control de temperatura y aireación), de la fracción orgánica de los desechos por poblaciones de microorganismos aeróbicos (bacterias, hongos y actinomicetos). Así mismo se efectúan determinadas operaciones de tipo mecánico como la trituración y el cribado cuya finalidad es por una parte, facilitar el proceso y por otra, mejorar la calidad del producto obtenido (2).

I. Incineración

Se pueden definir la incineración como un proceso de combustión de los residuos sólidos a temperaturas superiores a 850 grados centígrados, (lo ideal es que las temperatura sobrepasan los 1000 grados centígrados), con exceso de oxígeno de 6% con respecto de estequiométrico, resultando un proceso exotérmico, que permite recuperar el poder calorífico del residuo en forma de calor, actuando de modo parecido a una central térmica (2).

La incineración reduce en promedio y según la composición de los materiales combustionados, un 90% el volumen y un 70% el peso, resultando el 30% restante escorias,

recogidas a la salida de los hornos de combustión y cenizas volantes, recogidas en los electrolitos y filtros de mangas del sistema de lavado de gases (2).

J. Gasificación

Otras de las técnicas de tratamiento pirolítico es la gasificación, definida como la transformación de una sustancia sólida o líquida en una mezcla gaseosa mediante oxidación parcial con aplicación de calor. La oxidación parcial se consigue normalmente restringiendo el nivel de oxígeno (el aire), en la cámara de postcombustión (Pirolisis). El proceso se optimiza para generar la máxima cantidad de productos gaseosos de descomposición, normalmente monóxido de carbono, hidrogeno, metano, agua, nitrógeno y pequeñas cantidades de hidrocarburos superiores (2).

Aunque la gasificación es un proceso pirolítico optimizado para la mayor obtención de gases, genera subproductos líquidos y sólidos que pueden contener altos niveles de contaminantes tóxicos. El grado de contaminación dependerá de la cantidad de residuos tratados, del tipo de técnica y de cómo se lleva a cabo (2).

K. Evacuación

Es el proceso final de los desechos de instalaciones de transformaciones y procesado, normalmente vertederos controlados (2).

2.1.5 Tipos de vertederos y clasificación según la topografía del terreno

El vertedero controlado es una técnica para la disposición de residuos sólidos, en el suelo sin causar perjuicio al medio ambiente y sin causar molestias y/o peligro para la salud y seguridad pública. Este modelo utiliza principio de ingeniería para confinar la basura en un área lo menor posible, reduciendo su volumen el mínimo practicable, para cubrir los desechos así depositados con una capa de tierra con la frecuencia necesaria, por lo menos al final de cada jornada (2).

Vertederos para residuos peligrosos, vertedero, para residuos no peligrosos, vertederos para residuos inertes (4).

Clasificación en función del tipo de tratamiento de los desechos: Vertederos convencional sin trituración, vertedero con trituración in situ y vertederos con trituración previa (2).

A. Vertederos en área

Se aplican en terrenos relativamente llanos, con grandes extensiones en la que la capa freática está a poca profundidad y, por tanto no se pueden realizar excavaciones importantes. El material de recubrimiento se obtiene normalmente de terrenos adyacentes y es transportado mediante camiones. La máquina más utilizada es el tractor de cadenas con cuchillas frontal. Se forman depósitos de residuos cubriendo todo el frente de trabajo, a los que se denominan celdas. La altura recomendada de la celda es de 2.5 m, para evitar asientos posteriores excesivos (2).

B. Vertederos en trinchera

Se aplica en terrenos amplios y llanos con capa freática profunda, ya que se realizan excavaciones importantes, las zanjas se recubren de residuos que se tapan con el material previamente excavado. Se suelen hacer varias trincheras paralelas cuya anchura mínima será dos veces la anchura de la máquina que extienden los residuos. La altura máxima recomendable es de 2.5 m. El material sobrante procedente de la excavación se puede utilizar como relleno o para terraplenes (2).

C. Vertederos en vaguada o depresión

Se aprovechan las características ortográficas del terreno aprovechándose un valle, un barranco, una hondonada, o una cantera abandonada. Para el caso de aprovechamiento de un barranco es necesario considerar la escorrentía, evitando que el agua pasa a través de la masa de desechos. Eso se consigue por medio de canales perimetrales dimensionados en función de la pluviometría máxima de la zona. Una vez que el vertedero se ha clausurado es conveniente reforestar la zona para disminuir los procesos erosivos y mantener la estabilidad (2).

D. Vertederos en ladera

Se realiza de forma similar al vertedero en área, aprovechando una ladera de un monte y/o terreno con pendiente. Hay que tener especial precaución con la inclinación de la pendiente del terreno y con su rugosidad para evitar posteriores deslizamientos (2).

E. Producción de lixiviados

Uno de los aspectos más importantes en la gestión integral de un vertedero de desechos sólidos es el lixiviado. Este líquido procede principalmente de la degradación de los residuos, a lo que suma otros líquidos presentes en los desechos envases con líquidos, agua de lluvia, etc.-. (2).

La composición media de estos líquidos varía considerablemente según áreas geográficas, edad del vertedero y tipo de residuo depositado en el mismo, pero todos coinciden en una alta carga orgánica, DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno), y DQO, (Demanda Química de Oxígeno), su principal factor contaminante. Los parámetros básicos de caracterización de un lixiviado serán. Además de los dos citados, la concentración de sólidos disueltos y en suspensión, dureza, concentraciones de fosfatos y nitratos, etc. (2).

Existen varios métodos para el tratamiento de estos líquidos, se pueden realizar bien in situ, off site. La elección del método dependerá de lo que sea más fiable y adecuado dependiendo tanto de aspectos económicos y técnicos (2).

Actualmente, en tratamiento más reconocido y más empleado es in situ. Con él se obtienen, mediante la aplicación de varios tratamientos disponibles en el mercado resultados bastantes adecuados en el tratamiento de las aguas. Los tratamientos off site son básicamente el tratamiento en depuradoras de aguas residuales urbanas o industriales. Estas soluciones son aptas cuando no se cuenta con otra posibilidad y dichas instalaciones

son capaces de admitir cargas orgánicas muy elevadas, aunque con poco caudal. Los sistemas más simples están basados en la evaporación natural, (por la actuación de la radiación solar sobre las balsas de almacenamiento), o forzada (mediante la inyección del lixiviado pulverizado en el interior de los túneles o naves cerradas bajo la acción de un caudal de aire, caliente, si es posible). Ambos son posibles de aplicar en zonas calurosas y con baja tasa de precipitación pluvial anual. Los tratamientos biológicos son los mismos que se emplean en la depuración de aguas residuales aerobios, anaerobios y lagunajos profundos (2).

2.1.6 Muestreo

Los muestreos de los desechos sólidos es fundamental para permitir conocer las características de los residuos sólidos del lugar en estudio y contar con los antecedentes necesarios para dar la correcta solución a los problemas planteados. Asimismo el análisis de residuos es útil (y en muchos casos necesario), para delimitar actividades vinculadas con las instalaciones correspondientes a **sistemas de tratamiento de una planta de desechos sólidos**, como son la planificación y diseño de plantas de tratamiento, determinación del adecuado funcionamiento de las mismas, estudios pilotos y la investigación de métodos de reciclaje, eliminación y tratamiento (2).

Los volúmenes de producción y características de residuos sólidos son muy variables dependiendo del lugar, los diferentes hábitos y costumbres de la población, las actividades dominantes, el clima, el estatus o nivel social, la población, las estaciones del año, los hábitos del consumo, la estructura económica del entorno, las motivaciones exteriores de consumo y otras condiciones locales que se modifican con el transcurso de los años (2).

Las variaciones influyen mucho en la búsqueda de la solución más apropiada a los problemas involucrados en las operaciones del manejo de los residuos sólidos. Las operaciones básicas a las que es necesario dar solución son las siguientes: el almacenamiento, la recolección, el transporte y la disposición final (2).

Para principiar; se deben determinar las características de los receptáculos para almacenamiento de los desechos sólidos respecto a la forma, tamaño y material, a fin de asegurar su fácil manejo y condiciones higiénicas. El tamaño se determina con base a la frecuencia de recolección, el volumen de producción de basura per cápita por día y a la densidad del material generado (2).

Seguidamente se debe determinar la frecuencia de recolección y seleccionar el tipo, capacidad etc., de los vehículos recolectores a emplear. En la determinación de la frecuencia se necesita tener en cuenta las siguientes factores (2).

- Composición física de la basura (contenidos desperdicios de alimenticios y humedad).
- Condiciones climáticas.
- Consideraciones sanitarias (Ciclo de la mosca, etc).
- Recurso disponible para recolección.

Finalmente corresponde seleccionar el sistema de disposición final más conveniente desde el punto de vista sanitario y económico (2).

Es indispensable que para diseñar un proyecto de manejo integral de desechos sólidos se identifiquen las características cuantitativas y cualitativas de los residuos sólidos actuales del lugar así como sus proyecciones futuras. Estos conocimientos son fundamentales para el cumplimiento de las siguientes tareas (2).

- Planteamiento adecuado del servicio de tratamiento de residuos sólidos a corto y largo plazo.
- Dimensionamiento de las unidades de tratamiento.
- Selección de equipos y tecnología apropiados.

2.1.7 Técnicas de muestreo

Generalmente, la cantidad y la composición de los desechos sólidos llevados al sitio de disposición final difieren considerablemente de las basuras generadas y/o recolectadas, debido a la actividad de recuperación de materiales, tales como: papelea, cartón, vidrios, telas y metales. Puesto que existe esta recuperación de material desde la fuente de generación, recolección, transporte y disposición final, es necesario seleccionar la etapa más apropiada para la toma de la muestra teniendo en cuenta el tipo y motivo del análisis (2).

En algunos casos, cuando se trate de determinar el volumen necesario de recipientes para basura domiciliar o determinar el porcentaje de industrialización de ña basura en el punto de generación. Esto es posible mediante el muestreo en las fuentes. En cambio, se pretende determinar la capacidad de los camiones recolectores y los rellenos es mejor tomar la muestra llevada al sitio de disposición final (2).

Otras bases para determinar el muestreo y los análisis a realizarse son las siguientes; la forma en que se recogen: combinados y mezclados; y por lugares de dónde se colecta como caminamientos, jardines, hoteles, parques, etc. (2).

Las muestras de los residuos para compostaje tienen que ser pequeñas y estar bien trituradas y homogenizadas para ver que los análisis químicos sean representativos y exactos y se pueden repetir. Es necesario separar todos los componentes que no se pueden triturar bien, los cuáles se pueden analizar por estimación en vez de hacerlo mediante procedimientos de laboratorio (2).

Las categorías de clasificación difieren de un investigador a otro, pero a continuación se relacionan diez.

- I.- Botes.
- II.- Botellas.
- III.- Metales férricos.

- IV.- Metales no férricos.
- V.- Trapos y textiles.
- VI.- Papel y cartón.
- VII.- Plásticos cuero y caucho.
- VIII.- Madera ramas y aserrín.
- IX.- Residuos de alimentos, hojarascas y césped.
- X.- Ladrillos, piedras, polvo, escorias y cenizas.

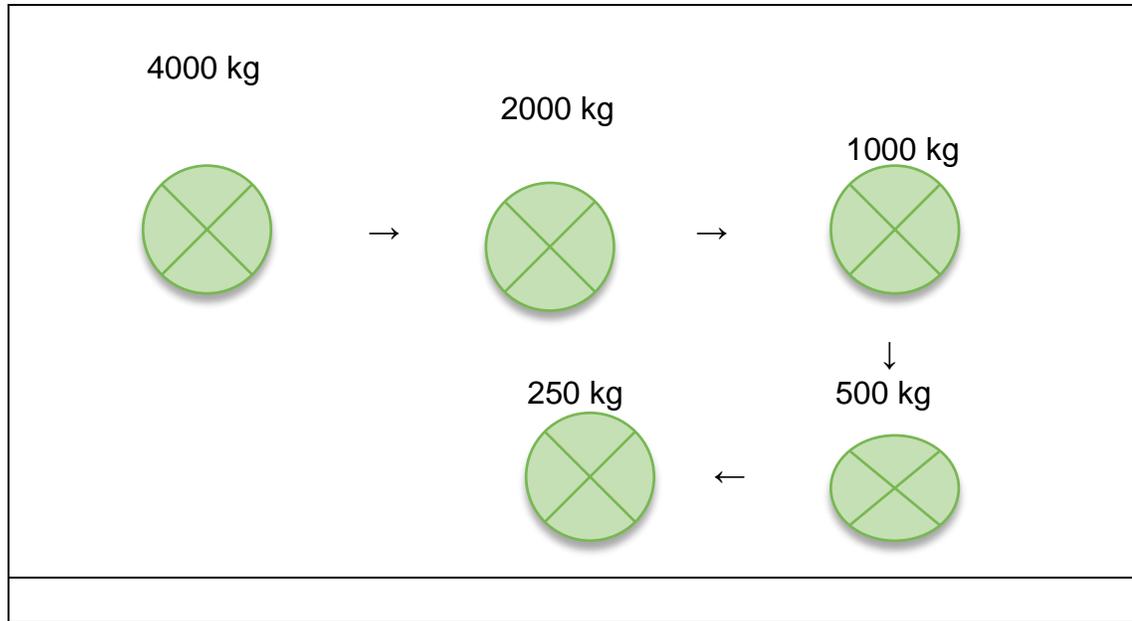
La mejor forma de medir las cantidades de residuos es pesarlas y expresarlas en kilogramos (per cápita al año o al día). Determinando el peso y el volumen por categorías de componentes que entran en los residuos, es posible reconstruir sobre el papel la composición de las muestras. Algunas autoridades creen que este procedimiento de resultados más exactos que triturar y analizar las muestras de residuos sin separarlas de sus componentes (2).

2.1.8 Determinación de la población muestral

En un programa de evaluación por muestreo, lo primero y lo importante a determinar es el tamaño de la muestra. Si la muestra es muy grande, los recursos se gastan innecesariamente y si por el contrario es muy pequeña, los resultados son de escasa utilidad. Por lo tanto es necesario fijar un tamaño de muestra tal que los resultados a obtener reflejen cierto grado de confianza y reduzcan porcentajes de error de las condiciones prevalecientes en el universo poblacional (2).

Para esto se puede obtener una muestra representativa de los desechos o fracción de los desechos que se van a analizar, de forma que esta muestra proporcione datos extrapolables a toda la población. Para ello, se puede realizar el (análisis por cuarteo), ver, figura 1 en donde hay que obtener una cantidad equivalente a 1000-5000 kg, de residuos, (se forman 4,000 kg). Estos residuos se recogen de unos puntos elegidos aleatoriamente de toda el área de estudio (2).

Estos residuos se mezclan, se esparcen en círculos y el círculo se divide en cuatro partes, de las cuales se escogen las dos muestras y se vuelven a esparcir en un círculo quedando 200 kg, que se vuelven a cuartear. Así sucesivamente hasta obtener una muestra de unos 250 kg (figura 2). Sobre esta muestra se realizan los análisis pertinentes (2).



Fuente: Antonio Colomer Gallardo 2,001. (2)

Figura 2. Análisis por cuarteto.

Pero menos representativos consiste en escoger muestras aleatorias, 15 o 20 puntos diferentes áreas de estudio, con un peso aproximado de 4-5 kg por muestra. A continuación se mezclan todas las muestras y se transporta hasta al laboratorio para realizar el análisis.

En cualquiera de los dos casos se debe tener especial cuidado y atención en que la muestra sea representativa de la población analizada a que en caso contrario, se podrán obtener resultados erróneos u pocos concluyentes. Fuente: Antonio Colomer Gallardo 2,001. Tratamiento y gestión de Residuos Sólidos (2).

2.1.9 Análisis físico de los residuos sólidos

Para este tipo de análisis debe tomarse en cuenta el siguiente caso de variables.

- A. Producción per cápita por día de basura: (PPC).** Es el peso promedio en kilogramos producida por persona y por día.
- B. Prueba de densidad:** Es la medición de la densidad de la basura tomando en cuenta el peso y el volumen. La densidad de la basura latinoamericana es superior a la de los países industrializados por su menor contenido de papeles y plásticos y por su mayor contenido de humedad (2).
- C. Prueba de composición física:** En esta prueba se determina el tipo de desechos sólidos que se encuentra en la muestra.
- D. Análisis de residuos y producción de tratamiento:** Varias de las pruebas químicas que se realizan los residuos que se tratan bacteriológicamente son valiosos para regular el ciclo de producción y controlar la calidad de compostaje. Entre estas

se encuentran, el pH, el humedad, contenido de materia orgánica, carbono, nitrógeno, fosfatos, potasio, magnesio, sodio, calcio cobre, zinc, hierro, manganesos y la relación de carbono y nitrógeno. Se recomienda hacer el muestreo y la preparación de las muestras rápidamente para evitar que la proporción de humedad (2).

2.2 Marco referencial

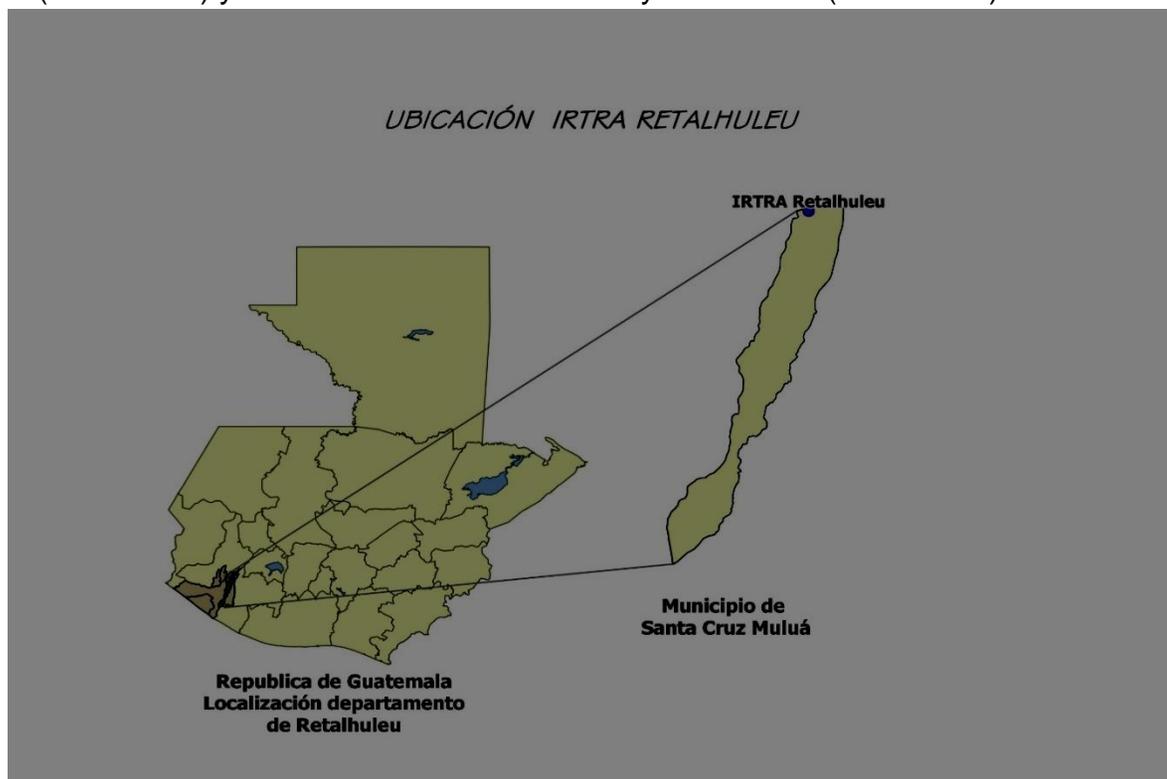
2.2.1 Ubicación geográfica de la planta de tratamiento

Según los mapas elaborados por el autor de este documento, el Instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala, ubicado en el departamento de Retalhuleu, pertenece tanto al territorio del municipio de Santa Cruz Muluá, como al de San Martín Zapotitlán, se encuentra ubicada territorialmente las instalaciones de la planta de tratamiento de desechos sólidos del IRTRA, del parque temático Xetulul.

2.2.2 Municipio de Santa Cruz Muluá

Según SEGEPLAN (2010), el municipio de Santa Cruz Muluá se encuentra situado en la parte noroeste del departamento de Retalhuleu, a 9 km de la cabecera departamental y a 179 km de la ciudad capital en carretera asfaltada, en la región VI identificada también como región sur occidental (21).

En la figura 3, se presenta el mapa de ubicación geográfica de la planta de tratamiento de desechos sólidos, en latitud Norte $14^{\circ}34'50''$ y en la longitud Oeste $91^{\circ}37'28''$, su clima es cálido húmedo y su temperatura oscilan entre 21.1°C y 37.6°C , la precipitación media anual oscila entre 2,000 mm a 3,500 mm. Así mismo, limita al norte con los municipios de San Felipe Retalhuleu y San Martín Zapotitlán (Retalhuleu); al sur con la cabecera departamental de Retalhuleu; al este con San Andrés Villa Seca (Retalhuleu) y al oeste con San Sebastián y Retalhuleu (Retalhuleu).



Fuente: Green Development, 2015

Figura 3. Mapa de ubicación geográfica de la planta de tratamiento del IRTRA, Retalhuleu.

Según SEGEPLAN (2010), su cabecera municipal se encuentra a una altura de 389.03 m s.n.m., con una extensión territorial de 128 km² (21).

Según el mismo autor, la jurisdicción municipal comprende un pueblo que es la cabecera municipal de Santa Cruz Muluá, dos aldeas, siete caseríos, nueve fincas, dos haciendas, una lotificación y cuatro cantones casco urbano.

Según SEGEPLAN (2010), en la Hidrografía del municipio de Santa Cruz Muluá se reconocen 15 ríos que le recorren, siendo éstos los siguientes: El Salamá el cual sirve de límite parcial con el municipio de Retalhuleu (Retalhuleu); Oc que sirve de límite con el municipio de San Andrés Villa Seca (Retalhuleu); Maricón, Chiquitó, Boxomá, Pital, Bacajía, Zarco, San Juan, Seco, Cangrejo de Oro, Ajaxá, Muluá o el Niño, Danubio, Ojo de Agua. Posee las siguientes lagunas: Mesá; La de Oc, El Tigre, Pepesca, Ixqueji, Ixpat. Se reportan también dos zanjonés: El Juilín y El Pital (20).

2.2.3 Municipio de San Martín Zapotitlán

Según SEGEPLAN (2010), San Martín Zapotitlán, municipio del Departamento de Retalhuleu, Guatemala, está ubicado a 182 km de la ciudad capital y a 12 km del municipio de Retalhuleu, al norte de la Cabecera Departamental. Es un pequeño municipio situado en la boca costa, su temperatura oscila entre los 18 °C y 24 °C, (grados celcius). Tiene una extensión superficial de 24 km²; el banco de datos de la Dirección General de Caminos, indica una altura de 524.15 m s.n.m. Su latitud está comprendida entre los 14°36'25" Norte, y longitud 91°36' 25" Oeste. Limita al norte con San Felipe, al oriente con San Andrés Villa Seca, al sur con Santa Cruz Muluá y al poniente con San Sebastián, Santa Cruz Tuluá y San Felipe, en una parte el río Samalá de por medio (21).

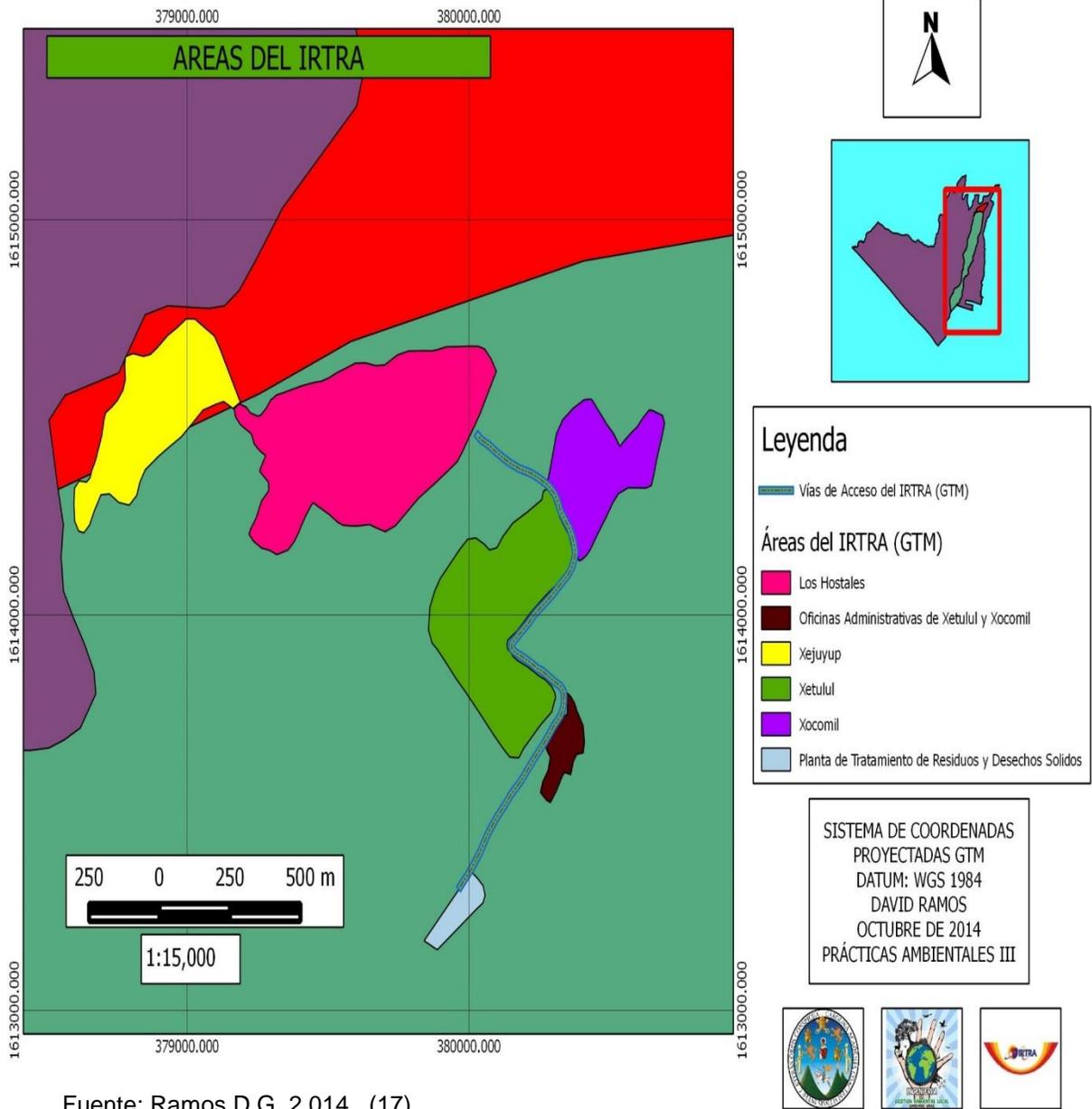
Según el mismo autor, “en el municipio se encuentran las instalaciones del IRTRA San Martín, el cual reúne los parques acuáticos de Xetulul y Xocomil, junto con hoteles, restaurantes y discotecas. El IRTRA ofrece al visitante un sin número de opciones para realizar diversas actividades, así como para descansar y relajarse”. Mantiene buenos caminos vecinales y lo asiste la ruta nacional 92M. La distancia hacia Quetzaltenango es de 45 km, 2 km a San Felipe y 3 km a Santa Cruz Muluá.

Según SEGEPLAN (2010), su territorio no registra grandes elevaciones, únicamente pequeños cerros, puede decirse que su topografía es irregular encontrándose alternativamente pequeños valles y hondonadas, formando pintorescos parajes. Su producción es altamente agrícola ya que su corteza telúrica está regada por varios ríos y riachuelos que le dan la humedad necesaria, siendo los más importantes: río Salamá, Zarco, Tineco, Pacacó, Cangrejo de Oro, Ajaxá, Ixcuy, Maricón, Bolas y Sucio (20).

Según el mismo autor, su movimiento comercial ha aumentado en los últimos años, existiendo pequeños establecimientos de diferentes géneros en la cabecera, aunque en las cercanías al IRTRA, se han establecido hoteles, restaurantes y gasolineras, entre otros.

2.2.4 Instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala – IRTRA

El Instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala, es una institución guatemalteca dedicada a proveer esparcimiento y recreación con excelencia en el servicio, en los parques recreativos mostrados en la figura 4.



Fuente: Ramos D.G. 2,014. (17)

Figura 4. Mapa de ubicación de los parques recreativos del IRTRA, Retalhuleu

2.2.5 Presidencia y administración del IRTRA

Según el IRTRA (2014), la presidencia y administración del IRTRA se compone de la siguiente forma: (7).

- a. Presidente: Don Ricardo Castillo Sinibaldi.
- b. Gerente General: Sr. Manuel Valdez Berthet
- c. Gerente Financiero: Sra. Miriam Bolaños Morales.
- d. Gerente Administrativo y de Recursos Humanos: Ing. Carlos Ramiro García Chiu.
- e. Gerente de Mercado y Ventas: Lic. Andrea Cruz.
- f. Sub-Gerente Financiero: Salvador González Mijangos.
- g. Jefe Departamento de Auditoría Interna: Lic. Mario Mazariegos Pereira.
- h. Gerentes de parque:
 - a. Parque Recreativo Amatitlán: Lic. José Ramón Barrios Morales.
 - b. Parque Mundo Petapa: Lic. Gilberto Oliva Portamarín.
 - c. Los Hostales del IRTRA: Lic. Pedro Estuardo Gálvez Padilla.
 - d. Parque Acuático Xocomil: Sr. Julio Antonio Muñoz Serra.
 - e. Gerente de Xetulul: Lic. Rafael Anleu.
 - f. Gerente de Aguas Calientes. Lic. Manuel Guevara.

2.2.6 Creación del instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala

Según el Instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala (2015), el IRTRA fue creado a través del Decreto del Congreso de la República número 1528, con el objeto de brindar un servicio de excelencia a la comunidad, especialmente a los trabajadores de la empresa privada y sus familias, así como contribuir al turismo interno y extranjero.

Hasta finales de la década de los años 50, en Guatemala no se contaba con lugares especializados y adecuados para la recreación organizada de los trabajadores y sus familias. En 1960 surgió la idea entre algunos empresarios de Guatemala, de crear una institución para llenar ese vacío en la recreación, dedicada especialmente a los colaboradores de la empresa privada y brindarles la oportunidad de utilizar de forma positiva su tiempo de descanso laboral para compartirlo con su familia. Fue así como los empresarios presentaron al gobierno central, de forma voluntaria, la propuesta para formar un comité que estudiara, presentara y promoviera una ley que le diera vida a una institución que brindara al trabajador recreación sana en lugares idóneos.

De esta manera se integró el primer comité de trabajo el 27 de junio de 1960 que tuvo representación de prominentes empresarios y fue denominado “Comité de Recreación para los Trabajadores”. El segundo comité formado en agosto de 1960, ya tenía personería jurídica, de la misma manera integrada por otro grupo de empresarios y fue llamado “Comité Pro recreación de los trabajadores”. El tercer comité que contaba con un grupo distinto de empresarios tomó posesión en mayo de 1961 y se denominó “Comité Pro Creación y financiamiento de centros de recreación de los trabajadores

de la industria y el comercio”. En abril de 1962 tomó posesión el comité que elaboró el proyecto de ley que posteriormente le dio vida al IRTRA (7).

El 1 de julio de 1962, entró en vigencia el Decreto No. 1528 del Congreso de la República que contiene la Ley de Creación del Instituto de Recreación de los Trabajadores de Guatemala, desde ese entonces el IRTRA se ha desempeñado como una entidad autónoma de derecho público, con personería jurídica cuyo régimen económico se sustenta exclusivamente con los aportes realizados por los patronos de la empresa privada.

En el inicio el aporte de los patronos representaba el valor de un día de salario ordinario por cada trabajador, lo que equivalía al tres por millar. Posteriormente, de nuevo los empresarios de forma voluntaria, presentaron la propuesta de modificar el Decreto 1528, para ampliar sus aportes al 1% mensual sobre sueldos y salarios ordinarios y extraordinarios pagados a sus trabajadores. También cambió su nombre a Instituto de recreación de los trabajadores de la empresa privada de Guatemala. Las reformas a la ley anterior se encuentran contenidas en el Decreto 43-92 del Organismo Legislativo que entró en vigor el 1 de agosto de 1992 (7).

2.2.7 Logros y reconocimientos a nivel nacional e internacional para el Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala

A. Orden del quetzal en el grado de Gran Oficial

Según el IRTRA (2015), el 11 de mayo de 1991, en el acto de inauguración de los Hostales del Parque Vacacional Zapotitlán, el Presidente de la República de Guatemala Jorge Serrano Elías le otorgó al Presidente del IRTRA, el señor Ricardo Castillo Sinibaldi, la Orden del Quetzal en el Grado de Gran Oficial, por su efectiva labor al frente del IRTRA en beneficio de los trabajadores de la empresa privada (9).

B. Premios y condecoraciones nacionales

Según el IRTRA (2014), entre las condecoraciones y premios nacionales otorgados al IRTRA están los siguientes:

- El 28 de octubre de 1999, el Club Rotario de Guatemala Oeste designó al IRTRA como la Entidad Privada Ejemplar del año de 1999 “por su digna y eficiente labor en beneficio de la recreación de los trabajadores de la iniciativa privada de Guatemala y por sus méritos” (7).
- En junio del año 2000, los diez Presidentes de los Clubes Rotarios de la ciudad de Guatemala, en su sesión de Junta Directiva, secundados por la Asamblea de los nueve Clubes Rotarios del interior de Guatemala, acordaron otorgar un reconocimiento al señor Ricardo Castillo Sinibaldi, por su labor al frente del IRTRA por espacio de 30 años, consistente en la construcción de un busto del presidente del IRTRA, en el Parque de Diversiones Xetulul, el cual sería financiado por los Clubes Rotarios. La obra no se ha realizado, a solicitud de don Ricardo Castillo Sinibaldi. (9).
- En el año 2002, el Comité Coordinador de las Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras (CACIF) le otorgó al IRTRA un reconocimiento al Gran Mérito Civil

mostrado por su Junta Directiva, al brinda las condiciones óptimas de recreación para los trabajadores de la empresa privada, lo que luego se transforma en productividad para Guatemala (7).

- El primer Galardón a la Productividad y Competitividad a don: “Ricardo Castillo Sinibaldi”, que otorgó el INTECAP en 2004 fue al IRTRA por sus méritos alcanzados en productividad y creatividad, su destacado servicio a la nación y por la gestión administrativa de sus autoridades y trabajadores, distinguiéndose por ser una entidad sana, correcta y con altos índices de productividad (7).
- El 27 de diciembre de 2005 don Ricardo Castillo Sinibaldi fue nombrado Personaje del Año de Siglo Veintiuno. En su portada indica que “El hombre que encabeza el éxito del IRTRA es reconocido por Siglo Veintiuno como Personaje 2005” (7).
- En el año 2006, el IRTRA recibió dos premios Arroba de Oro, premio que entrega anualmente el diario Prensa Libre para premiar los mejores diseños de páginas de Internet, uno por tener el mejor sitio web en la categoría de Hotelería, Restaurantes y Turismo, y el otro por presentar el mejor sitio en la categoría de Entretenimiento (9).
- Concursos y Evaluaciones Profesionales de Marketing S.A. CONEP Guatemala, entidad que opera bajo licencia otorgada por American Marketing Association, New York, otorgó al IRTRA el premio EFFIE PLATA 2007 en la categoría Promociones, por su efectividad en comunicaciones de marketing y publicidad, en particular la campaña “Tu cédula invita”, que se llevó a cabo en 2007 para la promoción de cédulas del Parque de Diversiones Xetulul.
- La Contraloría General de Cuentas, ente fiscalizador, hizo merecedor al IRTRA, en 2008, al reconocimiento “La Transparencia Impulsa el Desarrollo” (7).
- El 4 de enero de 2009, Prensa Libre nombró a don Ricardo Castillo Sinibaldi Personaje del año 2008, por haber sido “el creador de un mundo de ensueño”, en una clara mención a su trabajo al frente del IRTRA (9).
- En la VI edición Grandes Marcas/Marketing Hall of Fame (sección Guatemala) del año 2009, de la American Marketing Association, la marca IRTRA, en la categoría Marcas Guatemaltecas Empresa, fue el ganador, por su posicionamiento en la estrategia de mercadeo, con “IRTRA es felicidad” (7).

C. El Golden ticket

Según el IRTRA (2014), desde su creación en 1998, el Golden Ticket Award es un reconocimiento que otorga Amusement Today, considerada la revista número uno a nivel mundial en lo relativo a la industria de parques de diversiones, con sede en Estados Unidos. Amusement Today selecciona anualmente “lo Mejor de lo Mejor” y hace un reconocimiento a aquellos parques, atracciones y equipos de trabajo que, pese a las dificultades que pasan los países, continúan luchando por alcanzar la excelencia, la creatividad y entregar un producto de calidad a cada uno de sus visitantes (7).

Según el mismo autor, el Golden Ticket Award para el Parque del Año 2008 le fue otorgado a uno de los parques acuáticos que, a decir por Amusement Today, es uno de los más bellos del mundo, ubicado en Guatemala: el Parque Acuático Xocomil (7).

Según el IRTRA (2014), han adquirido los reconocimientos internacionales como El Applause Award de la IAAPA (International Association of Amusement Parks and Atracciones). El señor: Ricardo Castillo Sinibaldi también ingresó a IAAPA Marketing Hall of Fame o Salón de La Fama de la IAAPA en el año 2009 (7).

D. Medalla Presidencial del medio ambiente del CACIF

Según el IRTRA (2,014). Logros y reconocimientos adquiridos tanto nivel nacional e internacional de la planta tratamiento de desechos sólidos como una planta de modelo y exitosa; pionera en nuestro país, de minimizar los impactos ambientales de emisiones de gases de mínima frecuencia por año de nuestro planeta. Fue reconocida por USAID, de la WWF, Fundación Mundial por la Naturaleza, en 2,015, como una planta de modelo contrarrestar los impactos negativos de equilibrios ecológicos del sistema. Medalla presidencial del medio ambiente otorgado la cámara del agro, por el CACIF, 2014

E. Certificados Internacionales por cultura de seguridad del IRTRA

Según Montenegro (2014), múltiples medidas de seguridad existen en todos los parques. Lo más visible son los 66 salvavidas que custodian a lo largo del día las áreas de piscinas y toboganes en todos los parques. Es usual escuchar sus gorgoritos para advertirle a alguien sobre conductas riesgosas para sí mismo o para otros usuarios. Están listos para lanzarse en cualquier momento al agua para auxiliar a quien lo necesite (7).

El mismo autor manifiesta que todos los juegos mecánicos cuentan con certificados internacionales de seguridad: de hecho, deben cumplir con estándares alemanes para su instalación y funcionamiento (16).

Según Montenegro (2014), como dato curioso cabe mencionar que en los hostales y parques de Retalhuleu se encuentran instalados 33 pararrayos, pues es una región de tormentas frecuentes.

F. Conciencia ecológica

Según el IRTRA (2,014), una de sus atribuciones a la conservación de la ecología, es el tratamiento técnico y responsable de los desechos sólidos, los cuales clasifican en: orgánicos e inorgánicos, reciclables e inertes (16).

Según Montenegro (2,014), absolutamente todos los desechos generados en los parques pasan un proceso de tratamiento para ser reciclados – vidrio, plástico y papel- o bien convertidos en abono orgánico – huesos, vegetales o residuos de comida-. “Aquí nada se tira”, dice el Supervisor el Sr: Guillermo Venancio Ramos Quich, responsable de la planta de tratamiento de residuos sólidos contigua a los parques Xocomil y Xetulul, de cuya existencia nadie se percata, primero porque se encuentra en un área alejada, pero además, porque en ese lugar no hay mal olor (16).

Según el mismo autor, una vez clasificados los desperdicios biológicos, son triturados y dispuestos entre capas alternas de tierra dentro de enormes contenedores, que una vez llenos permanecen herméticamente cerrados por casi tres o cuatro meses: bacterias y lombrices hacen su trabajo. Pasado ese tiempo, la mezcla pasa a una segunda etapa, en otros contenedores, dos metros abajo. A los seis meses, se tritura el compost resultante y se utiliza como abono para los jardines de todos

los parques. “Ese es el secreto de nuestros parques siempre tan verdes y no gastamos ni un centavo en abonos químicos”, dice sonriente Don: Ricardo Castillo (16).

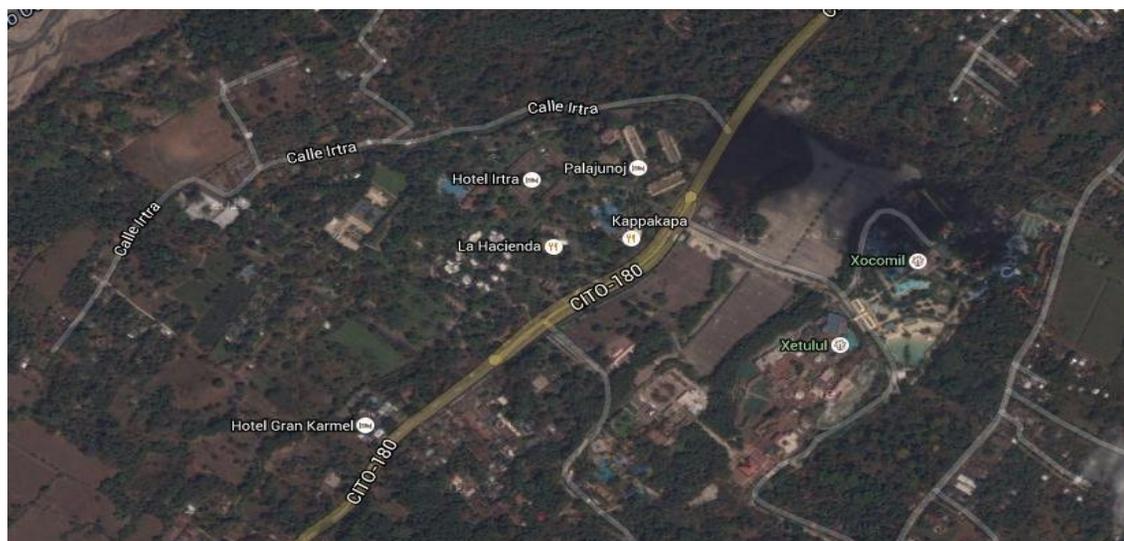
Según Montenegro (2014), las latas, botellas, papel y cartón son comprimidos en pacas y vendidos; los fondos obtenidos pasan al fondo común de la institución por medio de una maquinaria compactadora hidráulica de realizar las pacas de materiales reciclados y a la venta a las empresas recicladoras (16).

Según el mismo autor, para poblar los jardines de los parques tampoco deben comprar plantas, pues tienen su propio vivero con más de cien especies, la mayoría oriundas de la Costa Sur. “Actualmente estamos en proceso de reproducción de mangle, que como sabemos una especie en peligro de extinción”, refiere Sergio Romero, encargado de esa área, donde se puede encontrar desde un tapete de grama hasta una jardinera con palmeras exóticas (16).

2.2.8 Parque de diversión Xetulul

Según el IRTRA (2014), el parque de diversiones Xetulul, inaugurado el 29 de junio de 2002, es la obra del ingenio y la visión de sus orgullosos creadores. El nombre Xetulul significa en lengua quiché “bajo los zapotales”, que traducido a la lengua Náhuatl es Zapotitlán. Fue concebido como un parque temático, conformado por siete plazas en las que se reproduce la arquitectura, parques y ambientes de diferentes culturas, alternando con atracciones y diversiones para grandes y chicos (9).

El parque de diversiones Xetulul (figura 5) está compuesto por la Plaza Chapina, Plaza Pueblo Guatemalteco, Plaza Maya, Plaza España, Plaza Italia, Plaza Francia, Plaza Alemania – Suiza, y posteriormente otras plazas recientes como: Plaza pueblo Caribeño, Plaza Fantasía y Teatro coquí. (9)



Fuente: Google Map, 2016.

Figura 5. Distribución de los complejos y parques del IRTRA, Retalhuleu.

A. Justificación técnica del proyecto, obra, industria o actividad y sus alternativas.

El parque de diversiones Xetulul forma parte de los establecimientos fundados por el Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada –IRTRA-. El IRTRA tiene como objetivo brindar un servicio de calidad a la comunidad y especialmente a los trabajadores de la empresa privada de Guatemala. Es por esta razón que el IRTRA contribuye al turismo nacional y extranjero. El parque Xetulul cuenta con diferentes atracciones como juegos electromecánicos, shows ambulantes, show de magia, tiendas de regalos, restaurantes, diferentes plazas que brindan un escenario arquitectónico donde se muestra el origen y la historia de Guatemala, así como los países europeos que han influenciado la cultura guatemalteco. Xetulul tiene capacidad para recibir 12,000 visitantes simultáneamente y está integrado por 9 plazas: Plaza Chapina, Pueblo Guatemalteco, Plaza Maya, Plaza España, Plaza Italia, Plaza Francia, Plaza Alemania/Suiza, Pueblo Caribeño, y Pueblo Fantasía. Cada una de ellas con atracciones y juegos electromecánicos, electrónicos, y de arcada (9).

Es por estas razones que el IRTRA por medio de sus establecimientos se ha convertido en un ícono del sano esparcimiento y recreación que no estaba disponible para los guatemaltecos, gracias a su organización se convierte además de la única oportunidad dentro del país de disfrutar de parques de categoría mundial a un bajo costo.

Servicios sanitarios: En el Parque temático Xetulul se cuenta con el número de servicios sanitarios para los visitantes, mostrados en el cuadro 1.

Cuadro 1. Servicios sanitarios en el parque Xetulul

| UNIDADES SANITARIAS | |
|----------------------------|------------|
| Lavamanos Visitantes | 87 |
| Lavamanos Colaboradores | 100 |
| Total | 187 |
| Inodoros Visitantes | 94 |
| Inodoros Colaboradores | 86 |
| Total | 180 |
| Urinales Visitantes | 54 |
| Urinales Colaboradores | 13 |
| Total | 67 |
| Duchas Colaboradores | 50 |
| TOTAL | 484 |

Fuente de obra civil 2,002.

Clínica: Xetulul cuenta con una Clínica que brinda servicios de primeros auxilios a los visitantes y trabajadores del IRTRA, abierto de lunes a domingo. Cuenta con un enfermero y un doctor.

Tratamiento de aguas residuales: Las aguas residuales producidas en Xetulul, son de tipo ordinario. En los restaurantes se producen alimentos con materias primas como verduras, carnes y frutas, el agua residual en la salida de los restaurantes cuentan con sus respectivas trampas de grasa.

El parque Xetulul tiene 7 plantas de tratamiento de aguas residuales tipo paquete de lodos activados con una capacidad de 50000 gal / día (Aprox. 190000 L / día), que equivale a 131.4 L/min de caudal. (Solamente la planta #5, tiene una capacidad de 18000 gal / día (aproximadamente 68,130 L/día lo que equivale a 47.32 L/min de caudal). Estas plantas descargan en 5 puntos diferentes y a dos cuerpos hídricos receptores (Rio el Zarco y Zanjón del Niño) (22).

Mano de Obra: Actualmente el parque Xetulul cuenta con 746 trabajadores distribuidos en diferentes áreas como la administración, operación, mantenimiento, atención al cliente y construcción, mostrados en el cuadro 2.

Cuadro 2. Empleados por departamento del parque Xetulul

| No. | DEPARTAMENTO | EMPLEADOS |
|--------------|--------------------------------|------------|
| 1 | Operación y mantenimiento | 159 |
| 2 | Administración | 88 |
| 3 | Alimentos y bebidas | 219 |
| 4 | Electricidad | 23 |
| 5 | Jardinería | 29 |
| 6 | Obra civil | 50 |
| 7 | Planta de tratamiento | 14 |
| 8 | Seguridad | 59 |
| 9 | Teatro | 75 |
| 10 | Recreación (personal de apoyo) | 30 |
| TOTAL | | 746 |

Fuente: Control Administrativo, Parque Xetulul. 2,016.

2.2.9 Parque acuático Xocomil

Según el IRTRA (2014), Xocomil, vocablo mezcla de las lenguas tzutuhjil y cakchiquel, significa “viento fuerte que sopla sobre el agua”. Fue inaugurado el 15 de noviembre de 1997.

Según el mismo autor, en octubre de 1998 la Asociación Mundial de Parques Acuáticos o World Water Park Association, entidad con 1,350 miembros, otorgó al Parque Acuático Xocomil el “Board of Directores Award” de 1998 por ser el Mejor Parque Acuático del Mundo en la categoría de “Innovación” (9).

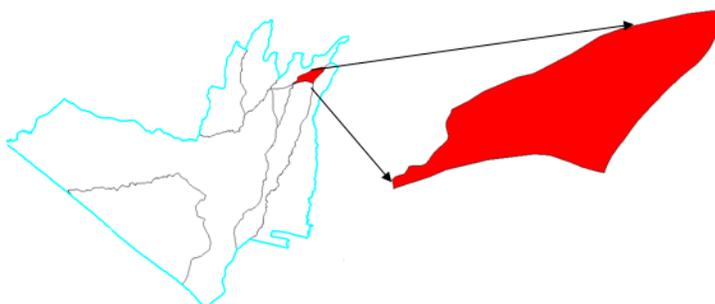
A. Ubicación política administrativa

El departamento de Retalhuleu pertenece a la Región VI de la república de Guatemala. Tiene un área aproximada de 1,856 km². Su nombre geográfico oficial es Retalhuleu. Colinda al norte con el departamento de Quetzaltenango; al este, con el de Suchitepéquez; al sur, con el Océano Pacífico; al oeste, con los departamentos de San Marcos y Quetzaltenango. La cabecera departamental se encuentra a una distancia de 190 km de la Ciudad Capital de Guatemala.

El departamento de Retalhuleu se encuentra dividido en 9 municipios que son:

1. Retalhuleu
2. San Sebastián
3. Santa Cruz Muluá
4. San Martín Zapotitlán
5. San Felipe
6. San Andrés Villa Seca
7. Champerico
8. Nuevo San Carlos
9. El Asintal.

San Martín Zapotitlán es un municipio del departamento de Retalhuleu. Tiene una extensión territorial de 24 km² siendo el municipio más pequeño que tiene el departamento de Retalhuleu. Se encuentra a una distancia de 11 km de la cabecera departamental Retalhuleu y se localiza entre el norte de Santa Cruz Muluá, al este de San Felipe, al oeste de San Andrés Villa Seca y al sur de San Felipe (figura 6).



Fuente: elaboración propia, 2,015.

Figura 6. Mapa del municipio de San Martín Zapotitlán, Retalhuleu

2.2.10 Descripción del parque acuático Xocomil

El parque acuático Xocomil está ubicado en San Martín Zapotitlán, Retalhuleu a 180 km de la ciudad de Guatemala en la carretera que conduce de Retalhuleu a Quetzaltenango por la Costa Sur. Cuenta con una extensión total de 19.08 mz de terreno, y tiene una capacidad de albergar a 8,500 visitantes (9).

El nombre Xocomil significa “viento fuerte que sopla sobre el agua” y proviene de las voces mayas: tzutujil y cackchiquel; se le dio este nombre al parque acuático por que el movimiento del agua de todas las atracciones, produce la diversión (9).

Se puso en servicio el 16 de noviembre de 1997 y se realizó una ampliación que se inauguró el 12 de noviembre de 2,005. Consiste en una serie de atracciones como: piscina con olas, río artificial, un conjunto de toboganes con distintos grados de atracción llamado Nido de Serpientes; piscinas interactivas para niños, jóvenes y adultos, restaurante con capacidad para 668 personas en dos niveles y canchas deportivas. También ofrece amplios parqueos con capacidad de 3000 vehículos,

edificios equipados con controles electrónicos para acceso, edificio de vestidores, servicios de primeros auxilios, servicio de lockers, chalecos salvavidas, duchas, sanitarios, venta de souvenirs, oficinas de información y eventos y un eficiente servicio de vigilancia. Todos los edificios tienen un estilo arquitectónico inspirado en la gran cultura maya y los decorados de los ambientes se han inspirado en la pintura, escultura y cerámica de esa extraordinaria civilización americana (9).

Este parque fue galardonado como "Mejor parque del Mundo" en la categoría de innovación por la World Water Park Association (Asociación Mundial de Parques Acuáticos) en 1998. En 2008 fue nombrado como Parque del Año por la revista Amusement Today, una revista importante para la industria de la diversión (9).

A. Ubicación geográfica y área de influencia del proyecto

La vía de acceso hacia el parque acuático Xocomil es desde el km 180.5, carretera CITO-180 que conduce hacia el departamento de Quetzaltenango por la costa sur (cuadro 3).

Cuadro 3. Coordenadas del parque acuático Xocomil

| COORDENADAS UTM. | | COORDENADA GEOGRÁFICAS. | |
|--------------------|--------------|-------------------------|--------------|
| UTM Este X | 283979.4448 | Longitud | 91°36'41"W |
| UTM Norte Y | 1548638.6884 | Latitud | 14°35'46.9"N |
| Huso | | | 15 |

Fuente: elaboración propia, 2,014

2.2.11 Parque ecológico Xejuyup

Según el IRTRA (2015), en un terreno de aproximadamente 20 ha, equivalente a 23 mz, como parte del complejo vacacional San Martín Zapotitlán, se está planificando bajo el concepto de Parque de Aventura una serie de experiencias nuevas para los guatemaltecos. Es un parque ecológico con un gran paisaje del mirador de la cuenca de Samalá, el área es un recurso de filogenéticos de biodiversidad de especies forestales, frutales y cultivos hortícolas, se inicia su aventura para el próximo año 2,018. Actualmente para realizar eventos de bodas, cumpleaños, campañas culturales sociales y un recorrido de paseo en bicicleta, carruajes de caballos atípicos y cuatrimotor en todo el perímetro del parque.

Al momento de que la vida útil del relleno sanitario haya llegado a su fin, después de 15 a 25 años se está utilizando para un vivero y/o jardinizar en toda el área para una mejor estética el relleno sanitario simplificado (figura 7).



Fuente: elaboración propia, 2015.

Figura 7. Fotografía de viveros forestales del IRTRA.

2.2.12 Hostales del IRTRA

Según el IRTRA (2014), los hostales del IRTRA están situados en amplios terrenos en el kilómetro 180.5 de la carretera a Quetzaltenango, por la costa sur, su primera etapa fue inaugurada el 5 de diciembre de 1987 (7).

Según el mismo autor, actualmente ofrece una amplia gama de servicios de primera calidad, para una capacidad total por día de 600 huéspedes (7).

Los Hostales del IRTRA se componen por el Hostal San Martín, Hostal Santa Cruz, Hostal La Ranchería y Hostal Palajunoj; éste último se divide en el Edificio Papeete (Polinesia), Edificio Kalimantan (Indonesia), Edificio Mandalay (Tailandia) y Edificio Uaxactún (Maya). (IRTRA, 2014) (9)

A. Ubicación geográfica y área de influencia del proyecto

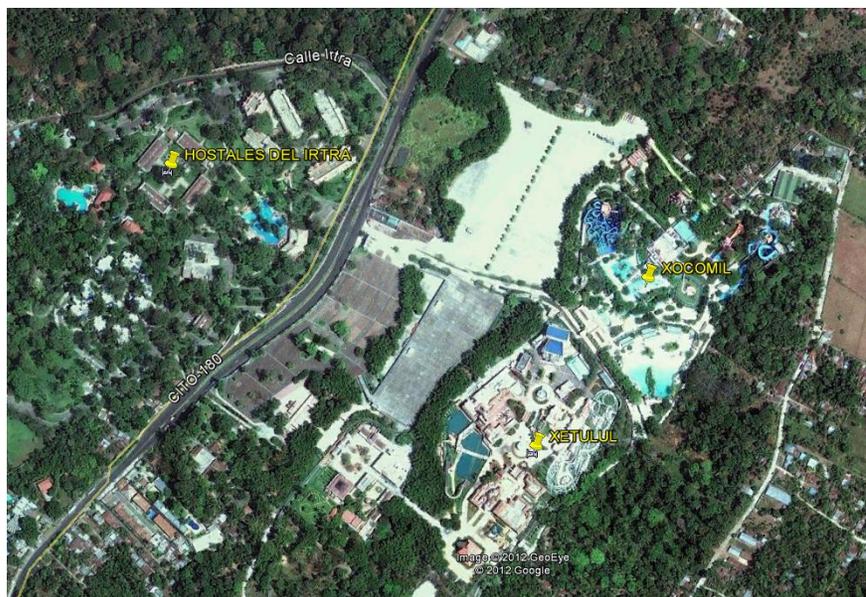
La vía de acceso hacia Hostales IRTRA es desde el kilómetro 180.5, carretera CITO-180 que conduce hacia el departamento de Quetzaltenango por la costa sur (cuadro 4).

Cuadro 4. Coordenadas geográficas de Hostales del IRTRA

| COORDENADAS UTM | | | COORDENADAS GEOGRÁFICAS |
|-----------------|-------------|----------|-------------------------|
| UTM Este X | 656574.5338 | Longitud | 91°36'40"W |
| UTM Norte Y | 1642752.227 | Latitud | 14°35'41"N |
| Huso | 15 | | |

Fuente: elaboración propia 2,015

En la figura 8, se presenta un mapa de localización de los Hostales del IRTRA.



Fuente trabajo de campo 2,015

Figura 8. Mapa de localización del complejo hotelero "Hostales del IRTRA", San Martín Zapotitlán, Retalhuleu.

B. Concordancia con el plan de uso del suelo

Para evidenciar con qué capacidad productiva de terreno se cuenta en el Municipio de San Martín Zapotitlán, Retalhuleu, se utilizó como referencia la clasificación del Departamento de Agricultura de los EE.UU., según el cual existen 8 clases de capacidad productiva de la tierra, en función de los efectos combinados del clima y las características permanentes del suelo. De estas 8 clases agrologicas la I, II, III y IV son adecuadas para cultivos agrícolas con prácticas culturales específicas de uso y manejo; las clases V, VI, y VII pueden dedicarse a cultivos perennes, específicamente bosques naturales o plantados; en tanto que la clase VIII se considera apta sólo para parques nacionales, recreación y para la protección del suelo y la vida silvestre (cuadro 5).

Cuadro 5. Clasificación del suelo, San Martín Zapotitlán, Retalhuleu

| Clase agrologica | Área (ha) | Aptitud del terreno |
|------------------|-----------|---------------------|
| III | 714.34 | Cultivos |
| IV | 224.91 | Agroforestería |
| VII | 939.25 | Forestal |

Fuente: Plan de Desarrollo Municipal, SEGEPLAN. 2,010

2.2.13 Manejo y disposición final de desechos

A. Manejo de desechos sólidos

El proyecto cuenta con una planta de tratamiento de desechos sólidos en donde se clasifican los desechos sólidos, separan y se tratan los desechos del parque Xocomil, Xetulul y los Hostales del IRTRA, pero que se encuentra bajo la administración de Xetulul.

El sistema de tratamiento está compuesto por un área para la clasificación de los desechos, ocho cámaras de compostaje, un relleno sanitario para los desechos no reciclables y una laguna facultativa, para el tratamiento de los lixiviados cuyo funcionamiento y características se describen en el apartado de tratamiento de aguas residuales.

El proceso de tratamiento de los desechos sólidos generados por el parque Xetulul consiste en los pasos, mostrados en la figura 9.



Fuente: elaboración Propia, 2016.

Figura 9. Fotografías de la secuencia de tratamiento de residuos sólidos

B. Separación en la fuente

El parque Xetulul cuenta con recipientes y/o contenedores plásticos rotulados e identificados separativos para materiales orgánicos, materiales reciclados cartón latas y plástico, e inorgánico. Con el propósito de que la separación se realice desde la fuente de generación de residuos y desechos sólidos.

Esta estrategia facilita en cierta medida el trabajo, para el clasificador de basura en la planta, pero no es por completo eficiente, es por esto que los residuos de cada recipiente son depositados con cada una de sus bolsas en un contenedor general de donde son recogidos por los vehículos encargados de llevarlos a la planta de tratamiento. Es allí en donde se realiza una separación adecuada, previa al tratamiento final de cada tipo de desecho y su disposición final.

C. Planta de tratamiento de desechos sólidos

La planta de tratamiento de desechos sólidos se encuentra en la periferia del parque Xetulul, fuera de la vista de los visitantes. La planta cuenta con 13 trabajadores quienes tienen a su cargo diferentes actividades.

Cuando los vehículos depositan las bolsas de residuos sólidos en las piletas y/o mesa de selección y se realiza en forma manual la separación, los trabajadores se encargan de abrir cada una de estas bolsas y realizar el trabajo de separación de los desechos. Se cuenta con dos mesas de concreto donde trabajan cuatro personas que separan los desechos orgánicos, inorgánicos, reciclables y otros.

Cada uno de los desechos sólidos generados por las actividades del proyecto recibe un tratamiento para su correcto manejo y se clasifican de la siguiente manera, mostrados en el cuadro 6.

Cuadro 6. Clasificación de desechos sólidos en la planta de tratamiento

| Tipo de desecho sólido | Tratamiento |
|---------------------------|---|
| Metal ferroso | Almacenamiento y posterior venta de material. |
| Cartón y papel de oficina | Separación y venta |
| Latas | |
| Pet | |
| Soplados | |
| Vidrio | |
| Papel | |
| Materia orgánica | Cámara de compost |
| Material no Recuperable | Relleno sanitario controlado |
| Otros | Relleno sanitario controlado |

Fuente: elaboración propia 2,016

Luego de que los residuos son clasificados, los materiales como el PET y latas materiales inertes que son trasladados para la empresa Proverde son compactados para reducir su volumen.

D. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos son trasladados a las cámaras en donde se lleva a cabo un proceso de compostaje provocado por la reacción exotérmica de los residuos que sube la temperatura hasta los 70 °C.

Cada una de las 8 cámaras de compostaje tiene una capacidad de 120 m³. Los materiales orgánicos son sometidos a un proceso de estabilización y descomposición que dura aproximadamente ocho meses, cuyo resultado es la producción de compost.

Actualmente solo están en uso la mitad de las cámaras de compostaje, lo que indica que la planta de tratamiento tiene capacidad para más material del que actualmente se procesa.

E. Convenio con PRO-VERDE

Actualmente el parque Xetulul, cuenta con un convenio con Pro-verde, que es una empresa que se dedica a la gestión de residuos a través de un proceso previo de trituración para la posterior incineración de los residuos en horno de cemento.

Entre los residuos que Pro-verde puede tratar se encuentran: Llantas, materiales de empaque, plásticos agrícolas, agroquímicos, aceites usados, residuos textiles, pinturas a base de agua.

Actualmente Pro-verde brinda tratamiento a los desechos sólidos producidos en el parque Xetulul que cumplen con sus especificaciones.

F. Relleno sanitario controlado

El material no reciclable es enviado a un relleno sanitario controlado, que es cubierto cada tres meses con material de cobertura vegetal. Dicho relleno sanitario se encuentra en un área de pendiente pronunciada la cual se encuentra en recuperación para su posterior uso como terreno para el establecimiento de un vivero.

Para evitar la contaminación que pudieran generar los lixiviados provenientes de dicho relleno sanitario, se implementó un sistema de drenaje francés por medio realiza una función la conducción de los lixiviados hasta una laguna de estabilización de tipo facultativa la cual realizado en forma anaeróbica según dicho sistema.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Elaborar un estudio sistematizado del manejo de los desechos y/o residuos sólidos en la Planta tratamiento de desechos sólidos en el IRTRA.

3.2 Objetivo específicos

1. Realizar un inventario de los desechos sólidos que se generan en los parques de Xetulul, Xocomil y Hostales del IRTRA en Retalhuleu.
2. Determinar la composición física y características de los desechos sólidos producidos en los parques Xetulul, Xocomil y Hostales, para conocer el porcentaje de cada material, del IRTRA en Retalhuleu
3. Actualizar toda la información recopilada del manejo de los desechos sólidos de los parques Xetulul, Xocomil y Hostales del IRTRA.
4. Evaluar los diferentes sistemas que cuenta la planta de tratamiento de los desechos sólidos del IRTRA de Retalhuleu.

4. METODOLOGIA

En la presente investigación se utilizó la metodología de la siguiente manera en una forma concreta y precisa.

4.1 Reconocimiento y delimitación del área de estudio

El presente estudio de investigación se realizó en la planta tratamiento de desechos del parque de Xetulul en las áreas de generación de desechos sólidos que se realizan para el manejo adecuado y la disposición final de los residuos sólidos.

4.2 Ubicación de puntos disposición de desechos sólidos

Para el presente estudio de sistematización se tomaron los desechos sólidos y/o residuos sólidos en el área de la Planta Tratamiento de desechos sólidos en el IRTRA, del municipio de San Martín Zapotitlán Retalhuleu..

4.3 Elaboración de un estudio sistematizado del manejo de los desechos y/o residuos sólidos en la planta tratamiento del IRTRA

Se elaboró un estudio sistematizado del manejo de los desechos sólidos que se generan en las instalaciones de la planta tratamiento de los parques recreativos en una forma concreta precisa en forma manual y se derivan de la siguiente manera.

A. Primer vertiente

Es el proceso de selección y clasificación de los desechos en la mesa de selección de basura, y se realizan de la siguiente manera. Se realizó la separación en forma manual de los clasificadores de basura persona de la planta del material orgánico en un tiempo establecido. Material Reciclado, y Material Inerte y cada material se deposita a su disposición final de cada área asignado en la planta tratamiento de desechos sólidos de clasificación y separación los desechos.

B. Segundo vertiente

El material orgánico se traslada la basura orgánica a la cámara de compost en una carreta de mano que se deposita diariamente los desechos alimenticios dentro de la cámara de compost, se agregan una tonelada de material orgánico incluyendo la hojarasca de hojas de especies forestales de ambos parques recreativos.

C. Relleno sanitario

Es el lugar asignado para material inerte y/o material inservible que estos materiales son derivado de petróleo y otros materiales de construcción y demolición de escombros, escorias, balastos y ripios, se desechan diariamente 6 m³ y otros se envían en proceso de procesamiento de pacas que se trasladan a la empresa Proverde se envían 36 t de este año 2,016.

D. Laguna de lixiviado

Es el área agua de estanque en reposo que permanece en un tiempo establecido de años en el cual se realiza la limpieza en la planta tratamiento de desechos sólidos en el área de mesa clasificación y selección de basura y cámara de compostaje durante un tiempo de lavado de 30 minutos. Después dejarlo limpio las instalaciones y una hora más tarde llegan las aguas sucias hacia a la laguna de lixiviado.

4.4 **Inventario de los desechos sólidos que se generan en los parques recreativos del IRTRA**

Se realizó un inventario establecido de los desechos y/o residuos sólidos que se generan en los parques recreativos: Xetulul, Xocomil y Hostales del IRTRA. Existen diferentes zonas de transferencias y puntos de limpia de cada disposición de contenedores de los desechos sólidos en áreas establecidas de cada parque y realizan dicho tren de aseo para su disposición final en la mesa de clasificación y selección de la misma en la planta tratamiento de desechos sólidos.

4.4.1 Horario de inventario de muestreo: Se realizó a primera hora (7:00 A.M debido a que estos desechos se encuentra fresco en diferente punto de cada parque para cuantificar el material que se requiere expresados en kg de los residuos.

4.4.2 Estaciones de transferencia: Los puntos definidos como uno conjunto de medios e instalaciones que permiten contenedores para descarga de los recolectores de desechos sólidos que se utilizan en la recogida en cada parque y traslado los residuos hacia a la planta tratamiento de desechos sólidos los vehículos de cada parque asignado su proceso de traslado.

Los camiones de recogedores de desechos en su itinerario de recogida, se desplazan a la estación de transferencia donde descargan los residuos de cada parque están asignado un vehículo por cada parque para realizar el tren de aseo a la primera hora de la estación de transferencia y los trasladan a la planta tratamiento de desechos sólidos para dejar limpieza en las instalaciones de cada parque en lugar de producción más limpio en las instalaciones.

Elementos necesarios en los puntos de estación de transferencia en cada parque en las instalaciones del IRTRA. A continuación se detalla por cada parque generados los desechos y/o residuos en cada punto de depósitos y trasladan hacia a la planta tratamiento de desechos sólidos.

En el parque de Xetulul, se ubican los puntos de la separación de los residuos de su origen en zonas de transferencia y tipos de depósitos o contenedores que se encuentran a una distancia de 1.5 km hacia a la planta, y distribuidos e identificados para los visitantes y colaboradores de los contenedores plásticos bien rotulados y/o definidos de cada material, clasificado disponible en cada punto del parque se encuentra 06 contenedores plásticos, en diferente punto para su deposición de material orgánico, material reciclado y material inertes para su área de aportación de desechos dentro de las instalaciones que se ubican en diferentes puntos del parque temático Xetulul.

Plaza Chapina.

- Administración de xetulul.
- Plaza pueblo guatemalteco.
- Marisquería.
- Plaza maya.
- Plaza España.
- Plaza Italia.
- Plaza Alemania.
- Plaza Francia.
- Clínica de Xetulul.
- Comedor de empleados.

Plaza Fantasía.

- Bucanero.
- Castillo San Felipe.
- Dulcería.
- Trapiche.
- Bodega de mantenimiento.
- Bodega A y B Xetulul.
- Vestidores de empleados.

En el parque Xocomil, se ubican los siguientes puntos de separación de los residuos de su origen en zonas transferencia y tipos de depósitos y/o contenedores que se encuentra a una distancia a 1.5 km desde el parque hacia a la planta distribuidos e identificados para los visitantes y colaboradores de los contenedores plásticos, (material orgánico, material reciclado y material inerte) esto con el fin de que los visitantes y colaboradores puedan depositar sus desechos clasificados en contenedores plásticos en diferente punto que están debidamente identificados ubicados en cada parque para su proceso de aportación de desechos en las instalaciones.

- Administración de Xocomil.
- Río manso.
- Oleaje de mar.
- Tobogán Nido de serpiente.
- Tobogán familiar.
- El Caracol.
- El Parqueo de Xocomil.
- Heladería de Sarita.
- Comida rápida.
- Restaurante el Gran Chac.
- Chaparrón.
- Montaña rusa acuática.
- El gran Chaparrón.
- Parqueo Xocomil.
- Clínica de Xocomil
- Comedor de empleados.
- Bodega mantenimiento la Esperanza.
- Bodega A y B Xocomil.
- Vestidores de empleados.

En Hostales del IRTRA, los contenedores de separación de los residuos sólidos se encuentran ubicados a cada 2 km de distancia hacia a la planta esto con el fin de que los desechos sólidos sean depósitos ya clasificados en los contenedores de plásticos identificados los puntos de cada material que son material orgánico, material inertes y material reciclados para su proceso de aportación en las instalaciones.

- Edificio San Martín.
- Kappa Hapa.
- Palajunoj
- Mandarín
- La Hacienda.
- Los Corozos.
- Administración de Hostales.
- Clínica de Hostales.
- Cabaña de Cedro.
- Cabaña Cushines.
- Cabaña palo volador.
- Casa Ejecutiva.
- Vestidores de empleados.
- Comedor de empleados.
- Parqueo Hostales.
- Bodega de mantenimiento de Hostales.
- Bodega A y B Hostales.

4.4.3 Tipos de desechos y/o residuos de cada parque: Se tomaron y se observaron los diferentes tipos de materiales que se encuentra acumulado de mayor cantidad de volumen en el área de estación de transferencia y la disposición de contenedores en cada punto asignado en cada parque.

- A. Material orgánico:** Desperdicios de alimentos derivados de los restaurantes de visitantes y comedor de empleados; cascara frutas, desechos de huevos, residuos de carnes huesos pollos y material de jardinería, césped, hojarasca y basura gruesa con ramas de especies forestales.
- B. Material reciclado:** Dentro de las instalaciones se clasifican y separan los materiales de latas aluminio, Pet, cartón, papel de oficina usado, metales ferrosos y no ferrosos, aceite quemado, desechos electrónicos, vidrio y plásticos de alta densidad, para la venta de las empresas recicladoras.
- C. Material inerte:** En las instalaciones se observan los materiales de rechazos y/o inertes inservibles que son los siguientes no biodegradables, restos de golosinas, desechos de platos y cubiertos plásticos y de duroport, bolsas pequeñas, medianas y grandes son derivados de petróleo y materiales sin ningún aprovechamiento que se desechan diariamente hacia al relleno sanitario controlado simplificado.

Todos estos materiales desechos sólidos se reporta en forma mensual y anual de cada parque y el porcentaje de cada uno de la generación de los desechos del IRTRA Retalhuleu.

4.4.4 Determinación de la composición física y características de los desechos sólidos producidos en los parques recreativos del IRTRA.

Se realizó a determinar el análisis física y el muestreo de cuarteo, de todos los materiales desechos y/o residuos sólidos que generan dentro de las instalaciones, del parque Xetulul, Xocomil y Hostales del IRTRA.

A. Horarios de recolección

Se determinaron cuáles eran los horarios establecidos de recolección de los desechos sólidos, desde que estos son obtenidos de los contenedores ubicados en cada parque y son llevados a la estación de transferencia, hasta que el tren de aseo hace su recorrido y los desechos son llevados a la planta de tratamiento de desechos sólidos.

A) Muestreo:

1. **Área de trabajo de muestreo de desechos y/o residuos sólidos:** La composición física y la caracterización de los desechos de los parques recreativos se realizó en la planta tratamiento de desechos sólidos del IRTRA.
2. **Técnicas de muestreo:** En las instalaciones de la planta se realizan las actividades todos los días de un horario establecido de 07:00 a 15:00 horas, durante la época baja de desechos y/o residuos se realizan mantenimiento. La obtención de datos de producción per cápita y densidad se realizó el día domingo y lunes en época alta de volumen de desechos en las instalaciones y se caracterizaron los desechos sólidos, por medio de una muestra. Para realización el muestreo se conteo por la colaboración del personal y el encargado de la planta. Se realizó en una forma aleatoria de los desechos de los parques de Xetulul, Xocomil y Hostales que se encuentra en la mesa de selección y clasificación de los desechos y/o residuos.
2. **Período de muestreo:** El muestreo se realizó dos día de la semana, domingo 3 de julio y lunes 04 de julio de 2,016, se eligieron estos días de la actividad en las instalaciones de la planta en dónde se da una alta afluencia de la generación de desechos sólidos en el lugar de la mesas de selección y clasificación de la planta tratamiento de desechos sólidos.

Composición y análisis físico de los desechos sólidos.

3. **Producción per cápita por día de desechos sólidos:** La composición y análisis físico se realizó en la planta tratamiento de desechos sólidos

Se trabajó el día domingo y el día lunes con el 100 %, de los desechos sólidos generados de los parques, pasando el total y luego por materiales. El día Lunes se trabajó solamente con una muestra del total de desechos generados. Aproximadamente el 25 %, separando por materiales y posteriormente haciendo un pesaje de cada material.

Como se mencionó anteriormente se trabajó con un solo sector. Durante el periodo de muestreo se hizo un recuento de los visitantes que ingresaron a las instalaciones y de los empleados que laboraron ese día en los parques del IRTRA.

Se adaptó la fórmula para determinar la generación de desechos sólidos por persona: PPC (kg/hab/día) = $1/7 * [(A1/B1)*P1+(A2/B2)*P2+(A3/B3)*P5+(A4/B4)*P3]/[P1+P2+P3+P4]$.

Dónde:

P1, P2, P3, P4 = Número de habitantes en las zonas comercial, residencial (ingreso alto), residencial. (Ingreso medio), y residencia (ingreso bajo), respectivamente.

A1, A2, A3, A4 = Peso de la muestra de una semana completa tomada cada una de las zonas arriba mencionadas.

B1, B2, B3, B4 = Número de habitantes correspondiente a la muestra tomada de cada zona arriba mencionada.

Se debe hacer la aclaración que esta fórmula fue diseñada para una población en una ciudad, por lo cual en el presente trabajo se hace una adaptación para una población de personas que no residen en el lugar sino que visitan el parque; esta fórmula fue:

$$PPC [(Kg/ha/día)] = [(A1/B1)*P1] /$$

$$P1 = A1/P1.$$

Dónde:

P1 = Número de personas promedio en el único sector definido. En esta fórmula se tomó en cuenta el número de empleados y visitantes.

A1 = peso total de los desechos generados en un día.

B1 = número de personas correspondientes a la muestra del sector. En este caso será el 100 % por qué no se puede subdividir la población en residencias puesto que la ocupación e inclusive el número de personal que labora diariamente no son constante. Lo que equivale a decir que $P1 = B1$.

- 4. Prueba de densidad:** Se midió la densidad de los desechos del parque en kg/m³. El día domingo 03 de julio se utilizó todos los desechos generados y el día lunes 04 de julio del presente año, se midió la densidad de los desechos por materiales. A continuación se detallan el procedimiento.

Primero se preparó un recipiente y una balanza, se pesó el recipiente y se midió el volumen del mismo. Se introdujeron los desechos al recipiente, sin fuerza de presión y se agitó de manera que se llenaran los espacios vacíos del mismo. Se pesó una vez lleno y por diferencia de peso se obtuvo el peso de los desechos y por diferencia de peso se obtuvo el peso de los desechos.

Se obtuvo la densidad al dividir el peso total en kg. Entre el volumen del tambo en m³. A continuación la fórmula: Densidad (kg/m³) = Peso de la basura en (kg) / Volumen del recipiente en (m³).

- 5. Prueba de composición y análisis física:** En este estudio se utilizó el método del cuarteo, en donde se toman todos los desechos generados se mezclan y se parten en cuatro y se toman dos partes de la muestra, se eliminan las otras dos, se vuelven a revolver las dos partes elegidas y se parte otra vez en cuatro tantos y eligiendo dos; se descartan las otras dos partes y se trabaja con la muestra final separando los componentes. Estos componentes se separan en tres categorías:

6. Materia biodegradable: papel higiénico, restos de alimentos, servilletas e individuales de papel sucio y húmedo, hojarasca, (mostrados en figura 10).

- 7. Material recuperable:** papel, plástico, cauchos, metales, vidrios, cartón, latas pet, y metales ferrosos, (figuras 11 y 12).

8. **Material no recuperable:** pajillas, cubiertos plásticos, platos plásticos, duroport, y pañales desechables, de materiales de inertes, en pacas el relleno sanitario (figura 13).



Fuente: elaboración propia 2,016

Figura 10. Fotografía del material orgánico en cámara de compost



Fuente: elaboración propia 2,016.

Figura 11. Fotografía de material recuperable reciclable



Fuente: elaboración propia 2,016.

Figura 12. Fotografía de material recuperable de pacas



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 13. Fotografía de material no recuperable inerte

4.4.5 Recopilación de la información actualizada para el manejo de los desechos sólidos y/o residuos sólidos de la planta del IRTRA.

Se realizó a recabar toda la información actualizada de los desechos sólidos del IRTRA, dentro de los datos estadísticos que funciona y operación de la planta tratamiento de desechos sólidos, durante el periodo de tiempo de 2,014 hasta 2016 de toda la información necesaria que se requiere para este sistema.

A. Se tomaron 15 sub-muestras de suelo de las áreas de Xetulul, Xocomil, Hostales y Xejuxup, para posteriormente clasificarlas en muestras compuestas con compost y testigos mediante la homogenización de las sub-muestras. Asimismo, se adquirió una muestra del compost elaborado en la planta tratamiento de residuos y desechos sólidos del IRTRA.

B. Se trasladó la sub-muestra de la Facultad de Agronomía USAC, (FAUSAC), se realizaron los análisis químicos de las muestras de suelo del IRTRA, así como la de compost elaborado por dicha institución. Los análisis dieron como resultado un aumento de macronutrientes en los suelos

con la aplicación de compost en comparación con la muestra de testigo, de igual forma, el compost presentó porcentuales de 0.32 de P, y 0.63 de K, y 2,34 de Nitrógeno total, (NT), para una considerable presencia de macronutrientes en el compost. Los resultados se encuentran en anexos.

C. Mediante un navegador GPS, se georreferenciaron la ubicación geográfica de la planta tratamiento de desechos sólidos y la toma de sub-muestras en el campo tomando como referencia. Sistema de coordenadas proyectadas UTM. Estos datos adquiridos a través del navegador GPS, fueron empleados posteriormente de elaborar un mapa de muestreo a través de la utilización de software GLS.

4.4.6 Evaluación de los diferentes sistemas que cuenta la planta tratamiento de desechos sólidos del IRTRA

Se realizó a evaluar los tipos de sistemas que tiene establecido la planta tratamiento de desechos sólidos. Desde el punto vista de recolección, selección, clasificación, tratamiento, cámaras compostaje, relleno sanitario y laguna de lixiviados, disposición final de los desechos sólidos y/o residuos de las instalaciones de la planta.

A. Evaluación de las áreas desde punto vista de producción más limpia: En el manejo de los desechos sólidos y/o residuos, en los parques recreativos del IRTRA de Retalhuleu. Realizar a ahorrar energía, agua, material reutilizable y combustibles en los diferentes puntos del parque para su proceso de minimizar los insumos necesarios en las instalaciones.

4.4.7 Sistemas de compostaje: Existen varios sistemas de compostaje, no obstante, el objetivo es además de transformar los residuos en compost, conseguir las condiciones consideradas letales para patógenos y elementos germinativos (semillas, esporas). A continuación se detallan los sistemas

- A. Sistema en pilas de compostaje: Pilas es la denominación que se le da a la masa de residuo en compostaje cuando la misma presenta una morfología y dimensiones determinadas. A los sistemas donde se procesa el material orgánico mediante la conformación de estas estructuras se le denomina: Sistemas en pilas de compostaje. De acuerdo al método de aireación utilizado este sistema se subdivide además en:
 - B. Sistema en pilas móviles: Cuando la aireación y homogeneización se realiza por movimiento de las pilas.
 - C. Sistema de camellones o parvas estática: Cuando la aireación se realiza mediante instalaciones fijas, en las áreas o canchas de compostaje (Métodos Beltsville y Rutgers), que permiten realizar una aireación forzada sin necesidad de movilizar las paldas.
 - D. Sistema en reactores: Otros procesos de compostaje, no se basan en la conformación de pila si no que los residuos orgánicos son procesados en instalaciones que pueden ser estáticas o dinámicas, que se conocen como Reactores. Básicamente los reactores son estructuras por lo general metálicas cilíndricas, o rectangulares, donde se mantienen controladas determinadas parámetros (Humedad y aireación), procurando que los mismos permanezcan en forma relativamente constante.

4.5 Características de los residuos sólidos a compostar

Se describen aquellas características que se consideran más relevantes de los residuos en forma directa en la evolución del proceso y en la calidad del producto final.

4.5.1 Relación carbono-nitrógeno (C/N)

La relación C/N, expresa las unidades de Carbono por unidades de Nitrógeno que contiene un material. El carbono es una fuente de energía para los microorganismos y el Nitrógeno es un elemento necesario para la síntesis proteica. Una relación adecuada entre estos dos nutrientes, favorecerá un buen crecimiento y reproducción. Una relación C/N óptima de entrada, es decir de material "crudo o fresco" a compostas es de 25 unidades de carbono por una unidad de nitrógeno, es decir $C(25)/N(1) = 25$.

En términos generales, una relación C/N inicial de 20 a 30 se considera como adecuada para iniciar un proceso de compostaje. Si la relación C/N, está en el orden de 10 indica que el material tiene relativamente más nitrógeno. Si la relación es de por ejemplo 40, manifiesta que el material tiene relativamente más carbono.

Un material que presente una C/N, superior a 30 requerirá para su proceso biodegradación un mayor número de generaciones de microorganismo, y el tiempo necesario para alcanzar una relación C/N final entre 12-15 (considerada apropiada para uso agronómico), será mayor. Si el cociente entre estos dos elementos es inferior a 20 se producirán pérdidas importantes de nitrógeno.

4.5.2 Capacitación constante de los empleados recientes

Capacitar los colaboradores sobre el tema manejo adecuado de desechos sólidos desde sus áreas de origen, para la mejora continua antes de su disposición final desde de la generación de estación de transferencia de desechos de los contenedores plásticos y trasladan en las mesas de clasificación y selección de basura en la planta tratamiento de desechos sólidos.

4.5.3 Mejora continua en las instalaciones de la planta tratamiento de desechos sólidos

Priorizar mantenimiento preventivo en todas las áreas de las instalaciones de la planta. Selección de basura, cámara compostaje, Un nuevo relleno sanitario simplificado en el año 2, 020. Una laguna facultativa para mejora en las instalaciones de la planta.

4.5.4 Evaluación de implementación de un nuevo relleno sanitario simplificado

Para realizar estudios posteriores para que funciona la planta de 2,025 para los materiales inertes y mejora continua en el área.

4.5.5 Evaluación de muestreo y análisis de fertilizante orgánico

En el proceso de aplicación de compost y sin compost (Testigo), en cada parque del IRTRA, que tiene presencia los desechos orgánicos desde el punto de vista los elementos de macronutrientes, micronutrientes, pH del suelo. CIC, la materia orgánica en porcentaje realizado por estudiante de CUNSUROC, Laboratorio en la FAUSAC, del año 2,014 los resultados obtenidos se encuentra en anexos y discusión de resultados de los parámetros alcanzados en el muestreo.

4.5.6 Evaluación de muestreo de laguna facultativa y plantas de aguas residuales

En los parques recreativos de Xetulul, Xocomil y Hostales del IRTRA, Análisis de DBO, Demanda Bioquímica de Oxígeno, DQO, Demanda Química de Oxígeno, pH, Aceite, Grasas, Fosfatos, Cloro,

Presencia de bacterias E Coli, Temperatura, el muestreo fue realizado por un Laboratorio FQB, Farmacias Químicas Biológicas y todos los resultados se encuentra en Anexos para ampliar toda la información recopilada respecto de resultados obtenidos en el muestreo de la laguna facultativa de la Planta tratamiento de desechos sólidos del IRTRA parque temático Xetulul.

4.6 Materiales y equipos

4.6.1 Materiales

- Una agenda de libreta de Campo.
- Un dispositivo Navegador GPS.
- 50 unidades de bolsas plásticas de 35 cm * 52 cm * 3 cm “de medidas y su capacidad de 50 Lb.
- Una cámara digital.
- Una unidad de báscula de tipo plataforma de capacidad de 400 Lb.
- Una balanza de tipo colgante de capacidad de 400 Lb, marca Tecnipesa
- Una calculadora científica marca Casio.
- 01 par de guantes nitrilos de manga corta.
- 01 unidad de gabacha impermeable plásticos.
- 01 par de botas de hule.
- 01 unidad de carreta de mano de metal.
- 01 unidad de escoba plástica.
- 01 unidad de masking tape de 2”
- 01 unidad de marcador no permanente.
- 01 unidad de metro de longitud de 05 m.
- 01 unidad de recipiente cilíndrico de 11.5 cm de diámetro y 6.5 de profundidad.
- 01 unidad de sacabasura plástica.
- 10 Toneles plásticos y 10 toneles de metal.
- 01 unidad de termómetro de acero inoxidable en cámara de compost
- 02 unidades de bieldos.
- 01 unidad de pala.

4.6.2 Recursos, institución y colaboradores

A. IRTRA parque temático Xetulul

- Los colaboradores del personal técnico de la planta tratamiento de desechos sólidos del parque temático Xetulul, y los colaboradores dentro del parque para su disposición final de los desechos de los contenedores de basura.
- Autorizado de realizar el estudio de investigación. Sistematización de manejo de los desechos y residuos sólidos en la planta de tratamiento de desechos sólidos en el Instituto Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala, IRTRA, en el municipio de San Martín Zapotitlán del Departamento de Retalhuleu, Guatemala.

B. Perfiles y puestos de los colaboradores de la planta de tratamiento IRTRA

a. Perfil de puesto: Supervisor planta tratamiento de desechos sólidos

1. Definición del puesto

El supervisor de la planta de tratamiento de desechos sólidos se encarga de supervisar las operaciones que se realizan y al personal que labora en la misma. Además coordina las gestiones relacionadas con el mantenimiento preventivo y correctivo que demanda las instalaciones de la planta.

2. Funciones generales

Las funciones generales se encargan de supervisar que las operaciones de selección y clasificación de los desechos sólidos se realicen, tomando en cuenta el criterio de materiales orgánicos, inorgánicos e inertes. Gestiona todo lo relacionado con el movimiento del personal, permisos, ausencias, asistencia, vacaciones, personal de apoyo, descansos, horas extras.

Dichas gestiones estarán bajo la supervisión del Ingeniero: Julio Armando Teletor Jerónimo, quien firma bajo la presente nota.

3. Funciones específicas

Actividades diarias

- Elaboración de documentos asignados.
- Coordina que el flujo de los desechos sólidos de los parques y área vacacional llegue al punto de descarga en condiciones previamente establecidas.
- Controla el proceso de compostaje que se realiza en las cámaras de compost hasta la etapa de maduración.
- Coordina que los materiales lleguen a la disposición final en una forma ordenada y/o frecuente en el área establecida.
- Manejo de archivos y supervisión de desechos sólidos en el área.

Actividades semanales

- Coordina que las áreas relacionadas con los subproductos obtenidos realicen el trasiego y/o traslado a donde corresponda.
- Gestiona la comercialización de los productos inorgánicos reciclables obtenidos en la planta.
- Aprender la gestión de los desechos sólidos por parte de la institución.
- Coordina la limpieza y orden en el área.
- Reporta al jefe inmediato de una revisión de control de ordenamiento de los materiales en el área.
- Control de supervisión de sistema COA de los colaboradores en planillas.

Actividades mensuales

- Realizar inventario mensual en los equipos de protección y/o insumos que se utilizan en dichas instalaciones.
- Reportar al jefe de inmediato sobre los mínimos y máximos de los productos utilizados dentro del área.
- Realizar pedidos mensuales autorizados por la Gerencia del Parque Xetulul, y/o Jefe Administrativo.

Actividades periódicas y/o eventuales

- Ejecutar las actividades que tengan relación con el manejo de los desechos sólidos del parque, y control adecuado del manejo de la misma.
- Es responsable del supervisor que no ingrese personal ajeno a las instalaciones.
- Velar por el uso correcto de todos los formularios que se utilizan del reporte de control de desechos sólidos.
- Realizar mantenimiento preventivo y correctivo en las instalaciones.
- Realizar otras tareas adicionales que le asignen el Jefe inmediato

b. Perfil del puesto: Encargado de abono orgánico

1. Definición del puesto

Es el encargado del abono orgánico en la planta tratamiento de desechos sólidos, se encarga de controlar en las cámaras de compost todos los procesos de los desechos orgánicos alimenticios que lleguen al punto y mantener en óptimas condiciones las instalaciones de la planta.

2. Funciones generales

Realizar sus actividades dentro de la cámara de compost, extender los desechos orgánicos en una capa homogénea dentro de las cámaras hasta llegar en nivel de altura de la cámara. Realizar actividades de mantenimiento en el relleno sanitario y laguna de lixiviados. Dichas funciones serán supervisadas por el Supervisor de la Planta de Tratamiento de Desechos Sólidos.

3. Funciones específicas

Actividades diarias

- Verifica la trituración y/o desmenuzar la hojarasca y cartón dentro de la cámara de compost
- Extender los desechos orgánicos dentro de la cámara de compost en una forma homogénea.
- Mantiene una buena comunicación con su jefe inmediato superior y personal que labora del área.
- Desarrolla los trabajos asignados por el jefe inmediato superior.
- Monitoreo temperatura del abono orgánico

Actividades semanales

- Apoya en la clasificación de basura
- Proporciona ayuda a los clientes reciclados cuando se le solicitan inmediato.
- Reporta al Jefe inmediato superior cualquier problema de mantenimiento que se observe.
- Coordina el orden y limpieza en bodega, cámaras de compost y área de maduración, etc.

Actividades mensuales

- Realizar inventarios de equipos de protección de los colaboradores.
- Coordinar al jefe de inmediato los productos no reutilizables.
- Reportar al jefe inmediato sobre los productos máximos y mínimos que se utilizan en dichas instalaciones.
- Realizar actividades en una forma ordenada dentro de las cámaras de compost.

Actividades periódicas y/o eventuales

- Coordinar el orden y limpieza en las instalaciones.

- Es responsable del encargado abono orgánico que no ingrese personal ajeno en las cámaras de compost.
- Realizar otras tareas adicionales que le asignen al jefe inmediato.

c. Perfil del puesto: Encargado de clasificador de basura

1. Definición del puesto

Es el encargado de la clasificación de los desechos sólidos (basura) que se genera en los parques recreativos y su disposición final, se encargan de la clasificación y la separación adecuada de los desechos sólidos. Para tal efecto serán supervisados por el supervisor de la planta de tratamiento de desechos sólidos.

2. Funciones generales

Serán los encargados de recibir el material o desechos sólidos que se generan en los parques, estos serán debidamente clasificados y serán llevados a su respectivo tratamiento. Asimismo, mantendrán un adecuado orden y limpieza en todas las instalaciones de la planta.

3. Funciones específicas

Actividades diarias

- Realizar la clasificación de basura de los parques recreativos frecuente y la selección adecuada de su disposición final en cada área asignada.
- Orden y limpieza en el área asignada.
- Orden adecuado de cada material reciclado
- Reportar al jefe inmediato clasificación inadecuada o anómala que se controla en el área.

Actividades semanales

- Realizar su clasificación y selección de basura en forma ordenada y precisión en su área asignada.
- Controlar en su área que existen desechos orgánicos.

Actividades mensuales

- Colaborar con su personal en vacaciones y otras actividades dentro de la planta,
- Orden y limpieza en el área de trabajo.

Actividades periódicas y/o eventuales

- Velar por orden y limpieza en el área de trabajo.
- Elaborar reportes a su jefe inmediato.
- Realizar otras tareas y funciones asignadas por su jefe inmediato.
- Avisar información de novedades a su jefe inmediato.

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Descripción general de la planta de tratamiento de residuos y desechos sólidos del IRTRA en San Martín Zapotitlán, Retalhuleu

La planta cuenta con un área construida de 1,376 m², diseñada para servir a una población de ocho a diez mil habitantes, comenzó a funcionar y a operar el 16 de marzo de 2,005. La tecnología aplicada para el compostaje es cámara ventiladas (COCAVENT), con un proceso de descomposición aeróbica hemofílica a 75 °C, donde se da el proceso de pasteurización, (figura 14).



Fuente: elaboración propia, 2016.

Figura 14. Especificaciones generales de la planta tratamiento de residuos y desechos sólidos

Los camiones recolectores que realizan tren de aseo en los parques y llegan a depositar de 03 a 10 T de basura por día, la cantidad de ésta depende de las fechas más visitadas por los turistas, en una relación directa, basada en que mientras más visitantes residan simultáneamente en el parque, mayor será la cantidad de residuos y desechos sólidos generados por día, y viceversa. Los residuos y desechos sólidos son categorizados, dando según muestreos anteriores, un 60 % de materia orgánica, el 5 % de material reciclable y solamente un 35 % de material inerte (inservible). Estos materiales son separados en dos mesas de separación, donde cuatro trabajadores se encargan de la clasificación en forma manual (figura 15).



Fuente: elaboración propia, 2016.

Figura 15. Fotografía de la mesa B. Clasificación y selección de basura

Los materiales inertes son compactados con una compactadora hidráulica, la cual se encarga de comprimir a una presión de 1800-2500 PSI (máximo 2500 PSI), y un Hp 5.5 caballo de fuerza y la presión hidráulica de 10 T de presión y usan 6 bolsas de basura para generar una paca que en promedio pesa 60 lb de material Inerte. Este es un proceso previo a ser depositadas las pacas en el relleno sanitario, tomando en cuenta que si las bolsas de basura fueran depositadas en el relleno sanitario sin ser comprimidas, el volumen que ocuparían sería mayor y por efecto la vida útil del relleno sanitario se reduciría. Cada paca tarda en promedio cuatro minutos para ser elaborada. La compactadora hidráulica es operada por dos colaboradores, el operador y el asistente para realizar a culminar la paca (figura 16).



Fuente: elaboración propia 2016.

Figura 16. Fotografía de la compactadora hidráulica latas, pet y/o inertes.

Los materiales reciclables son vendidos a empresas privadas encargadas de la compra de los productos reciclados para realizar la venta del material procesado, en la presente forma de sistema es automática de compactar los materiales a las empresas y a Cementos Progreso Proverde.

El proceso de la planta se mencionara respecto de su clasificación de la siguiente manera.

1. Separación y selección adecuadamente.
2. Recolección y transporte.
3. Estaciones de transferencia.

4. Clasificación.
5. Aprovechamiento y revalorización en el caso de compostaje.
6. Tratamiento.
7. Disposición final.

5.2 Sistemas de tratamiento de desechos sólidos

En el presente estudio de sistematización de manejo de los desechos y residuos sólidos en la planta tratamiento de desechos sólidos de los parques recreativos de Xetulul, Xocomil y Hostales del IRTRA, se detallan en una forma ordenada precisa y concreta los diferentes tipos de sistemas y/o vertientes que se utilizan. A continuación se mencionan de la siguiente manera.

8. **Mesas de selección y/o clasificación de basura.**
9. **Cámaras de compostaje: primera fase y segunda fase.**
10. **Relleno sanitario.**
11. **Laguna de lixiviado.**

5.2.1 Sistema de clasificación en forma manual: se realiza en la mesa de selección y/o clasificación de basura en la planta

A. Mesa de selección y clasificación de basura

Los colaboradores del IRTRA, realizan la separación y la selección adecuada en una forma manual ordenada y tratamiento adecuado de los desechos sólidos y/o residuos y su disposición final en cada uno de los siguientes materiales en el área asignado.

Dentro de cada mesa de selección de basura se realizan la separación en una forma manual que tiene una capacidad de 5 T a 12 T de desechos y/o residuos de los parques recreativos del IRTRA de procesar diariamente en la planta.

Existen 2 mesas de selección y clasificación de los desechos. En cada una de las mesas de clasificación y selección de basura, tiene una capacidad de procesar de 06 T desechos y/o residuos diarios. En una época media, los colaboradores de la planta de clasificador de basura en cada mesa, llegan a procesar un total estimado de 06 T. En una época alta, los colaboradores de la planta de clasificador de basura en cada mesa llegan a procesar un total estimado de 12 T/día.

Mientras en época baja llegan a clasificar los materiales de residuos sólidos en la mesa de clasificación de una cantidad estimado de 5 T de desechos sólidos durante el tiempo de invierno, se realiza mantenimiento preventivo, en el área de la planta para que se encuentra en mejor estética en la planta tratamiento de desechos sólidos, (figura 17).

Los colaboradores y el personal calificado tiene los materiales de equipos de protección para su labor cotidiana durante la jornada que son los siguientes: Una carreta de mano de metal, 01 par de Guantes Nitrilos, Gabachas impermeables, Mascarillas simples botas de hule y Lentes transparentes colaterales plásticos. Cada uno de los colaboradores tiene recipientes disponibles para agregar los materiales desechos orgánicos, reciclados y materiales inertes, y/o rechazos, que se separan en una forma manual durante su proceso de tratamiento y disposición final.



Fuente: elaboración propia 2,016.

Figura 17. Fotografía de la mesa A. Clasificación y selección de basura

En el presente sistema de clasificación y separación de los desechos y residuos sólidos en el IRTRA, en forma manual se realizan en dos mesas para su proceso de tratamiento y disposición final de los residuos y en una forma ordenada y los colaboradores realizan a primera hora de las 07:00 A.M hasta a las 15:00 P.M. hasta dejar limpio en las instalaciones de la planta tratamiento de desechos sólidos.

B. Sistema en cámaras de compost: primera fase

Dentro de la cámara de compost tiene una dimensión de área, largo de 8 m, y ancho de 6 m y altura de 2.50 m, su capacidad de volumen de 120 m³, existen 04 divisiones de rejillas de 01 m, de largo por 0.47 m de ancho, de una capacidad total, 32 unidad de rejillas en toda la cámara, se utiliza por medio de aire de convección en la parte de abajo en un proceso de oxigenación dentro de la misma, y lixiviados de los desechos alimenticios que se aplica escurren y filtra dentro de la cámara y se agrega una camada de hojarasca angosta dentro todo el área, llegando una altura estimado de 0.40 m, en su totalidad de la hojarasca de preferencia de especies forestales hojas angosta, una cantidad de 19.20 m³.

En la parte superior (techo), tiene 02 unidades de extractores de aire para extracción de aire y malos olores dentro de la cámara. Después los clasificadores de basura realiza trasiego en su carreta de mano de metal, se trasladan todos los **materiales orgánicos**, cáscaras de frutas, hortalizas desechos de alimenticios y desechos de cartón de huevos y se trasladan hacia a la cámara de compostaje de primera fase, hasta llegar a su nivel de altura previo a su proceso de putrefacción de la materia

orgánica, se estimado que se llena durante un tiempo de 2 a 3 meses dependiendo la cantidad de afluencias de los visitantes en los parques recreativos y se mezclan con la hojarasca homogénea de una concentración de 2/1 con los materiales orgánicos, durante un mes de llenado se proliferan la presencia de microorganismos saprófitos, bacterias facultativas, aeróbicas y aceleran la temperatura misofilia que oscila entre 35 °C y 55 °C, hasta llegan a su proceso y se incrementan la cantidad de cepas de microorganismos y aumenta la temperatura de 55 °C y 70 °C, y llegan a un proceso de termófila dentro de la misma cámara de compost llegan a un proceso de pasteurización después de los 70 °C. Después de llenado a la altura máxima se queda en periodo de fase de encierro durante 03 meses.

C. Sistema cámara de compost: segunda fase

Durante el periodo de fase de encierro en la primera fase se realiza el volteo mecanizado de un área de corredor de ambas cámaras por medio de una maquinaria tractorcito Bob-Cat, por lógica lo que se encontraba en la parte de arriba se queda en la parte debajo de la segunda fase de la cámara de compost, y la que se encontraba en la parte de debajo de la primera fase y se quedó en la parte de arriba de la cámara de segunda fase, cuando se realiza el volteo existen liberación de gases amoniacales y se expande en el área de ambas cámaras y se quedan fase de encierro durante 03 meses.

(figura.18).



Fuente: elaboración propia 2,016.

Figura 18. Fotografía de la cámara de compost de corredor de ambas cámaras de primera y segunda fase.

En esta área se realiza el volteo mecanizado de una maquinaria tipo Bob-cat, de la primera fase hacia a la segunda fase durante un tiempo de encierro de 3 meses, para acelerar el proceso de putrefacción

de la materia orgánica y esperar un fase de encierro en la misma para trasladar hacia a la galera de maduración.

a. Sistema galera de maduración

Es el lugar de asignado para un proceso de secado para llegar a temperatura ambiente durante un mes y se realiza el último volteo mecanizado y trasladar a la galera de maduración de un proceso de transformación de desechos orgánicos en abono orgánico compost, se encuentra en estado grosor de diámetro de partículas de 1 a 2 pulgadas hasta llegar a temperatura ambiente. El abono orgánico de mejor estética se utiliza una maquinaria Chipiadora y/o trituradora para triturar y/o desmenuzar en partículas más finas de 01 cm a 0.5 cm y después trasladar al departamento de jardinería para su proceso de utilidad en los jardines de los parques recreativos del IRTRA. (figura 19).



Fuente: elaboración propia 2,016.

Figura 19. Fotografía de la galera de maduración

En este patio de maduración llega el último proceso de la disposición final de la materia orgánica, después de 08 meses en ambas cámara de compost hasta su transformación de abono orgánico de un volumen de 400 T de producción de fertilizante orgánico por año, hasta llegar a una temperatura ambiente para mejorar acondicionar los suelos por su potencialidad de macronutrientes y micronutrientes que se requiere los suelos infértiles, y después hasta llegar a trasladar al departamento de jardinera para su proceso de utilidad en los parques recreativos del IRTRA de Retalhuleu.

En los materiales reciclados: Se trasladan estos materiales recuperados y/o reciclados; los vidrios en los toneles plásticos previa a su clasificación en cada tonel su color su apariencia y clasifican según el color asignado en cada tonel. En las bolsa plásticas latas de aluminio, y los costales jumbos todos los materiales de plásticos pet y material de galones plásticos. Los materiales de metales ferrosos y no ferroso se agregan en embaces pet de 5 L y/o a granel dependiendo el material de primera y segunda categoría según la clasificación que se realizan en la planta. Son Costales grandes que tiene una capacidad de 40 kg de pet.

D. Sistema relleno sanitario

El relleno sanitario tiene un área de extensión de 3,200 m² y una profundidad de 15 m de altura, tiene una capacidad de volumen 48,000 m³. El relleno sanitario cuenta con un drenaje francés impermeabilizantes y tela geo-textil, geo membrana en todo el área mencionada y tres pozos de visita, 01 lado oeste, otro lado este y el otro en el centro del relleno sanitario, como una caja de registro de control, durante la limpieza de la selección y clasificación de desechos y la limpieza de las cámaras de compostaje, pasa todo debajo del relleno sanitario y llegan al lado sur hacia a la laguna de lixiviados. Consisten en el proceso de infiltración y sedimentación de aguas sucias lo absorben dicha drenaje para no contaminar el manto freático y a la roca madre, aldeaña a los vecinos cercanos.

Posteriormente se desechan todos los materiales de rechazos y/o inertes que son derivados de petróleo que son los materiales inservibles que no se aprovechan absolutamente, pero empresas y/o institución interesado en realizar la limpieza una parte hacia al relleno sanitario del IRTRA, y a la empresa Pro-verde para su proceso de coprocesamiento de hornos incinerados de una temperatura que oscilan de 1,200 °C y 1400 °C de temperaturas para su proceso calorífico. Actualmente se está trasladando desde IRTRA de Retalhuleu, hacia a la empresa Cementos Progreso aproximadamente un total de 700 pacas por contenedor de una capacidad de 70 m³. Para 2,016 se esperaban enviar en calidad de coprocesamiento un total de 03 contenedor de 210 m³, equivale a un porcentaje de 10 % de materiales inertes que se envía hacia al relleno sanitario para estimar la vida útil del relleno sanitario se ampliaría otros años más de materiales inertes de la planta tratamiento de desechos sólidos. Se esperaría para otros años enviar más materiales inertes y/o rechazos hacia lugar destinados para la planta de San Miguel Sanarate para su proceso de utilidad.

En el relleno sanitario, se observa materiales inertes de bolsas plásticas, a cielo abierto en el área dentro del sistema se encuentra en forma cobertura loma de tortuga para prevenir causa y/o efecto de menor incidencia de proliferación de vectores, rapiña, roedores, debido a que en el área se realiza en cada 02 meses su cobertura de material vegetativo para que no encuentra mucho tiempo a cielo abierto para no sucede mayor amenaza a la vista de estos bichos en el área, (figura 20).



Fuente: elaboración propia 2,016.

Figura 20. Fotografía del relleno sanitario

E. Sistema laguna de lixiviado

Es el lugar final de la planta en donde llegan las aguas de la limpieza en la instalación que pasa debajo del relleno sanitario. El área de la laguna de lixiviado tiene las siguientes dimensiones: 40 m de longitud * 25 m de ancho y una profundidad de 1.5 m, con una capacidad total de 1,500 m³. La laguna cuenta con una entrada de agua de un tubo PVC, de 3 plg de diámetro, y salida iguales dimensiones. Dentro de la laguna se observa algas micrófitos, acumulado en toda la superficie, presencia de microorganismos, vectores insectos y bichos. En época de verano hay un proceso de evaporación, debido a la acción de los rayos ultravioletas del sol, que inhibe en las algas dentro del sistema que acumulan las especies de cianobacterias aeróbicas y anaeróbicas en el área acumulado dentro de la laguna.

Durante los muestreos y análisis de la laguna de lixiviado se realizan durante una época alta de afluencia de los visitantes dentro del parque, y se tomaron los siguientes parámetros. A continuación se detallan la Demanda Bioquímica de Oxígeno, (DBO), Demanda química de oxígeno (DQO), pH, Concentraciones de Fosfatos, Nitratos, Nitritos, temperatura y presencia de E. Coli., según acuerdo gubernativo 236-2,006 durante una vez al año por muestreo. Durante cada 5 años se recomiendan realizar la extracción de lodos sedimentados en una forma manual y un proceso de secamiento en la parte superficie de la laguna de lixiviados y espera una semana para minimizar la saturación de humedad de lodo y utilizando para llenado de bolsas de almácigos, de especies forestales, floristería y hortalizas en el área. Existe acumulación de microorganismos cianobacterias para el proceso de fotosíntesis dentro de la laguna lixiviado y/o facultativo al lado sur de la planta tratamiento de

desechos sólidos, en el Anexo se observa los resultados de muestreo usando los parámetros que anteriormente fueron mencionados.

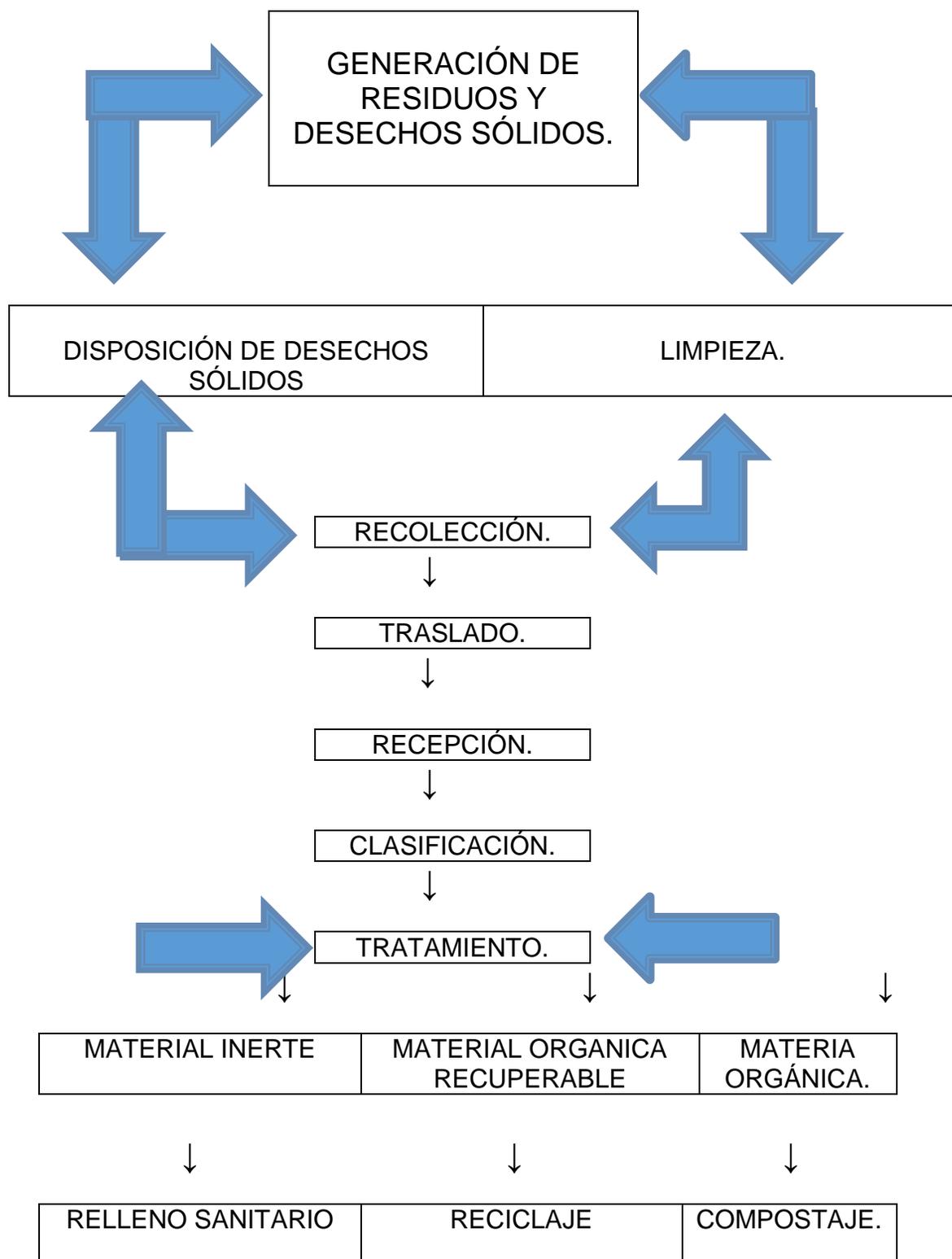
La demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es un parámetro que mide la cantidad de materia susceptible de ser consumida u oxidada por medio biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, normalmente se mide transcurridos cinco días de reacción (DBO5), y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido en los procesos fotosintéticos de producción oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de los microorganismos. Este el último sistema de tratamiento de la planta tratamiento de desechos sólidos, (figura 21).



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 21. Fotografía de la laguna lixiviación

En la figura 22, se presenta un flujograma de la generación y disposición de los desechos sólidos.



Fuente elaboración propia 2,016,

Figura 22. Organigrama del tratamiento y disposición final de los residuos sólidos de la planta tratamiento del IRTRA.

5.3 Inventario de residuos sólidos de los parques del IRTRA

En el presente estudio de la investigación de sistematización se realizó un inventario general de los desechos sólidos que se generan en los parques recreativos de Xetulul, Xocomil, y Hostales del IRTRA el cual se presenta en el cuadro 7.

Cuadro 7. Inventario de composición de desechos sólidos Xetulul.

| Componente Total de la muestra | Composición de desechos | Peso en kg | % | % por Material |
|-----------------------------------|----------------------------|------------|--------|-------------------|
| Materia Orgánica. | Cáscara de huevos | 16.35 | 7.20 | |
| | Restos de tortillas | 10.31 | 4.54 | |
| | Restos de hortalizas | 20.50 | 9.03 | 52.49 |
| | Restos de frutas | 19.40 | 8.54 | |
| | Restos de Carne | 14.15 | 6.23 | |
| | Restos de pollo | 15.10 | 6.65 | |
| | Hojarasca. | 75.58 | 33.28 | |
| | Césped | 18.50 | 8.14 | |
| | Merma de comida. | 37.22 | 16.39 | |
| Total | | 227.11 | 100 | |
| Material recuperable | Latas de aluminio. | 9.90 | 16.47 | |
| | PET | 14.29 | 23.77 | 13.90 |
| | Vidrios. | 13.55 | 22.54 | |
| | Cartón. | 12.33 | 20.51 | |
| | Galones plásticos. | 5.60 | 9.31 | |
| | Chatarra | 4.45 | 7.40 | |
| Total | | 60.12 | 100 | |
| Material Inerte. | Restos de golosinas. | 2.27 | 1.56 | |
| | Bolsas plásticas. | 24.09 | 16.57 | |
| | Vasos de duroport | 13.50 | 9.28 | |
| | Platos plásticos. | 12.75. | 8.77 | 33.61 |
| | Cubiertos plásticos. | 10.47. | 7.20 | |
| | Pajillas plásticas | 5.30. | 3.64 | |
| | Vasos plásticos. | 12.05. | 8.28 | |
| | Pañales desechables | 41.70 | 41.70. | |
| | Otros. | 23.30 | 16.02 | |
| Total | | 145.40 | | |
| Sumatoria Total | | 432.63 | 100 | 100 |

Fuente: elaboración propia 2,016.

El cuadro anterior nos muestra que el inventario de la composición de los desechos sólidos del parque temático Xetulul, generan un del porcentaje total de 52.49 %, mientras que el material recuperable es de 13.9 %, y el material inerte y/o inservible que se trasladan al relleno sanitario equivale a un 33.61 %. Por lo tanto se considera necesario que la cantidad de merma de comida que se traslada a la cámara de compost se le duplica la cantidad de hojarasca dentro del proceso de sistema que se ha

manejado desde su disposición final. Para obtener en la mezcla homogénea de una relación C:N de 28.5:1, se deberá de mezclar 1 kg de residuos de alimentos por cada 2 kg de hojarasca, con lo cual se busca favorecer el proceso de descomposición dentro del sistema de cámara de compostaje en la planta.

En el cuadro 8, se presenta un inventario de la composición de desechos de la muestra total del parque acuático Xocomil, de que se genera en la planta de tratamiento de desechos sólidos.

Cuadro 8. Inventario de composición de desechos sólidos Xocomil.

| Componente | Composición de desechos. | Peso en Kg | % | % por material |
|-----------------------|--------------------------|------------|--------|----------------|
| Total de la muestra. | | | | |
| Materia orgánica. | Resto de pan | 9.31 | 8.42 | 28.31 |
| | Resto de pollo | 15.40 | 13.93 | |
| | Cáscara fruta | 11.35 | 10.26. | |
| | Salchicha. | 12.33 | 11.15. | |
| | Césped | 15.75 | 14.24. | |
| | Hortalizas. | 22.44 | 20.29 | |
| | Resto tortilla | 5.77 | 5.22 | |
| | Hojarasca | 18.23 | 16.49 | |
| Total | | 110.58 | 100 | |
| Material recuperable. | Latas aluminio | 6.15 | 25.15 | 6.26. |
| | Pet | 5.89 | 24.09 | |
| | Vidrios | 2.33 | 9.53 | |
| | Cartón | 5.28. | 21.60. | |
| | Galón plástico. | 2.90 | 11.86. | |
| | Chatarra. | 1.90 | 7.77 | |
| Total | | 24.45 | 100 | |
| Material Inerte. | Bolsas plásticas | 41.53 | 16.25 | 65.43 |
| | Resto golosina | 5.78 | 2.26. | |
| | Vasos parafina | 55.77. | 21.82 | |
| | Pajillas plásticas | 14.75. | 5.77 | |
| | Tapón plástico | 5.36 | 2.10 | |
| | Tetra pack | 30.25. | 11.84 | |
| | Pañales desechables | 60.36 | 23.61 | |
| | Vasos de duroport. | 18.99. | 7.43 | |
| | Otros. | 22.80 | 8.92 | |
| Total. | | 255.59 | 100 | |
| Sumatoria Total | | 390.62 | 100. | 100. |

Fuente: elaboración propia 2,016.

El cuadro anterior, muestra el inventario de la composición de los desechos con la materia orgánica un porcentaje de un 28.31 %, mientras que el material recuperable de una variación mínima de un porcentaje 6.26 %, y por lo último el material inerte y/o rechazo inservibles de una variación máxima de un porcentaje de un 65.43 %, en la exactitud de promedio de un $\frac{3}{4}$ del total de la muestra general, el material no recuperable que su destino final hacia al relleno sanitario. El material del parque acuático Xocomil es de comida rápida, no genera merma de comida y por lo tanto se considera un material seco de la materia orgánica, y se aplica una mínima diferencia de la cantidad de hojarasca que influyen de otros desechos de los demás parques recreativos del IRTRA.

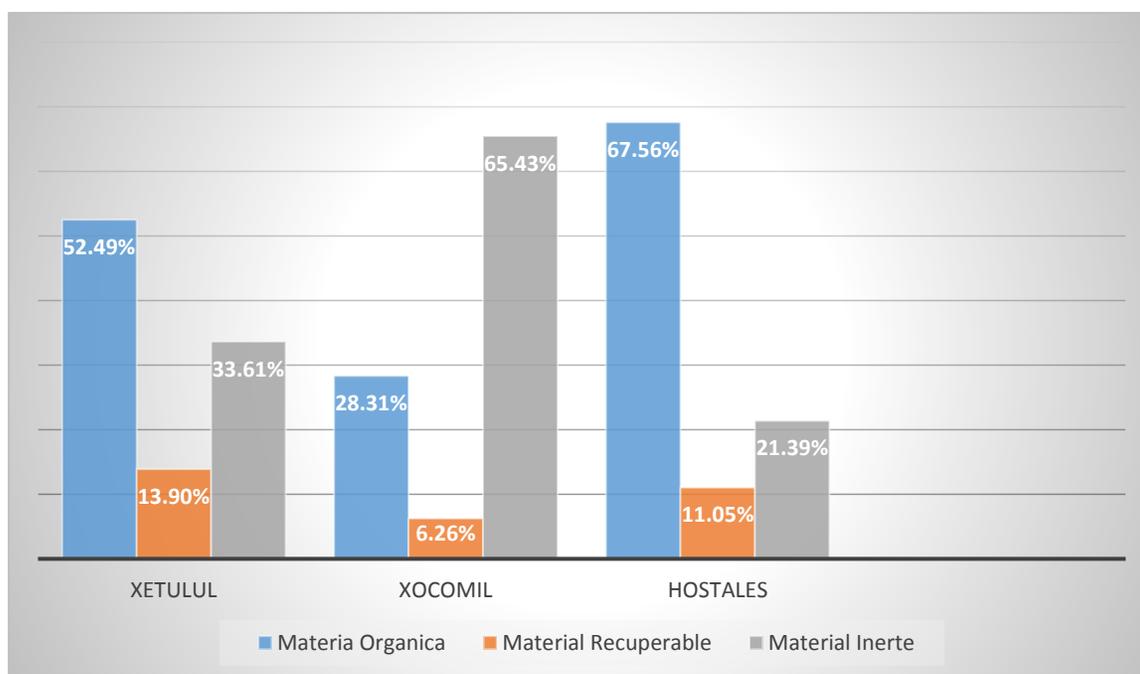
El cuadro 9, muestra los datos del inventario de la composición de los desechos de la muestra total de Hostales del IRTRA, que se genera en la planta tratamiento de desechos sólidos.

Cuadro 9. Inventario de composición de desechos sólidos Hostales.

| Componente Total de la muestra. | Composición de desechos. | Peso en Kg | % | % por material |
|------------------------------------|-----------------------------|------------|--------|-------------------|
| Materia Orgánica | Resto de comida | 55.87 | 15.15 | 67.56 |
| | Resto de fruta. | 23.44. | 6.37 | |
| | Cáscara de huevo. | 31.11. | 8.44 | |
| | Restos hortalizas. | 28.77. | 7.80 | |
| | Resto de tortilla. | 16.66. | 4.52 | |
| | Resto de carne. | 26.99 | 7.32 | |
| | Resto de pollo. | 30.22. | 8.20 | |
| | Césped | 23.97. | 6.50 | |
| | Hojarasca. | 89.75. | 24.34 | |
| | Merma | 41.90. | 11.36 | |
| Total | | 368.68 | 100 | |
| Material recuperable | Latas de aluminio. | 7.75 | 12.85 | 11.05 |
| | PET | 6.85 | 11.37 | |
| | Vidrios. | 22.88. | 37.96 | |
| | Cartón. | 8.64 | 14.33 | |
| | Galón plástico | 2.40. | 3.98 | |
| | Chatarra | 11.76. | 19.51 | |
| Total. | | 60.28 | 100. | |
| Material Inerte. | Resto golosina. | 4.47. | 3.83 | 21.39 |
| | Bolsa plástica. | 32.52. | 27.86 | |
| | Duroport | 9.42 | 8.07 | |
| | Vasos plásticos. | 5.63. | 4.82. | |
| | Cubiertos plásticos. | 7.66. | 6.56 | |
| | Pajillas plásticas. | 7.83 | 6.71 | |
| | Pañales desechables | 30.21 | 25.88. | |
| | Platos plásticos. | 6.23 | 5.34 | |
| | Otros. | 12.76. | 10.93. | |
| Total | | 116.73 | | |
| Sumatoria Total. | | 545.69. | 199. | 100 |

Fuente: elaboración propia 2,016.

En el cuadro 9, se muestra el inventario de la composición de los desechos sólidos, de Hostales del IRTRA, de una variación máxima de la materia orgánica que equivalen a 67.56 %, mientras que el material recuperable de una variación mínima que se da el porcentaje de un 11.05 %, y por lo último, el material inerte y/o rechazo de una variación intermedia de un porcentaje, 21.39 %, que se trasladan al relleno sanitario. Por lo tanto se considera necesario la aplicación de hojarasca un máximo volumen de la cantidad de materia orgánica, del doble que los desechos alimenticios dentro del sistema de la cámara de compostaje para mejorar su proceso final, (figura 23).



Fuente: elaboración propia 2016.

Figura 23. Gráfica del inventario desechos sólidos parques IRTRA

En la figura anterior se observa la diferencia significativas de inventario de los desechos sólidos de ambos parques recreativos, hostales se incrementa la materia orgánica de mayoritaria de otros parques de 67.56 %, mientras parque Xocomil, tiene un mayor porcentaje de material inerte que se depositaba al relleno. Actualmente este material se traslada PROVERDE de un porcentaje de 65.43 %, para un proceso de incineración en la planta, mientras Parque Xetulul generan un porcentaje de 52.49 %, de materia orgánica que se trasladan a la cámara de compost, igual que área de Hostales del IRTRA, derivados de los restaurantes en el parque.

5.4 Composición de los residuos sólidos de los parques recreativos del IRTRA se desarrollan de la siguiente forma

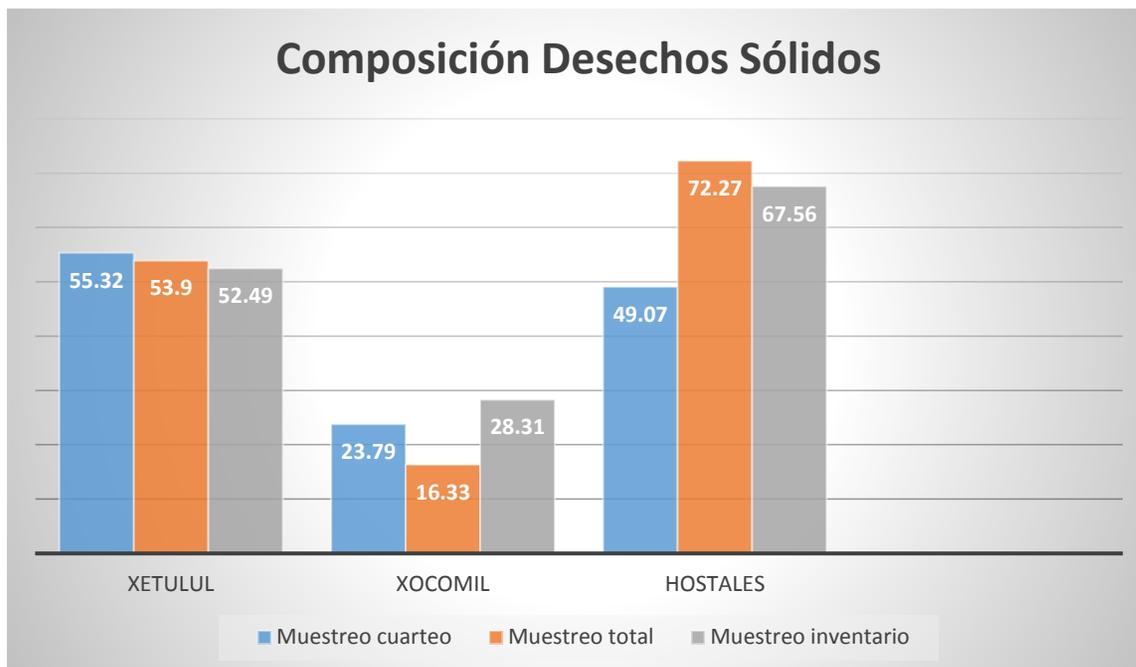
En el cuadro 10, se observa la composición general del sistema de los residuos de los parques recreativos del IRTRA, que llegan a la planta de tratamiento para su proceso de clasificación de los materiales disponibles de la siguiente manera..

Cuadro 10. Composición porcentual de la generación de los residuos sólidos de los parques recreativos

| Parques. | Composición. | Muestreo cuarteo | Muestreo total. | Muestreo inventario | Promedio | Promedio total. |
|-----------------|---------------------|------------------|-----------------|---------------------|----------|-----------------|
| Xetulul | Materia orgánica. | 55.32 | 53.90 | 52.49 | 53.90 | 46.56. |
| Xocomil. | Materia orgánica. | 23.79 | 16.33 | 28.31 | 22.81 | |
| Hostales | Materia orgánica. | 49.07 | 72.27. | 67.56. | 62.97 | |
| Total. | | 128.18. | 142.50. | 148.36. | 139.68 | |
| Xetulul. | Material reciclado. | 15.96. | 9.76. | 13.90 | 13.21. | 12.03. |
| Xocomil. | Material reciclado. | 11.45. | 10.03. | 6.26. | 9.25. | |
| Hostales. | Material reciclado. | 20.37. | 9.50. | 11.05. | 13.64. | |
| Total. | | 47.78. | 29.29. | 31.21. | 36.10 | |
| Xetulul | Material inerte. | 28.72 | 36.34. | 33.61. | 32.89. | 41.41. |
| Xocomil. | Material inerte. | 64.76 | 73.64 | 65.43. | 67.94. | |
| Hostales | Material inerte. | 30.56. | 18.23. | 21.39 | 23.39. | |
| Total. | | 124.04 | 128.21. | 120.43 | 124.22 | 100. |
| Sumatoria Total | | 300 | 300 | 300 | 300 | |
| Promedio total | | 100 | 100 | 100 | 100 | |

Fuente elaboración propia 2,016.

En el cuadro anterior muestra la composición porcentual según los muestreos realizados para la comparación de la clasificación de cada material que se producen en la planta tratamiento de desechos sólidos de los parques recreativos del IRTRA. Comparación con los demás muestreos realizados en la planta tratamiento de desechos sólidos existen diferencias del promedio de Hostales 62.97 %, mayor de variación derivados de los restaurantes de Hostales del IRTRA, mientras Xetulul, se encuentra un promedio intermedio de un 53.96 %, de ambos muestreos y el parque Xocomil, se encuentra en una variación mínima de un promedio de un 22.81 %, tiene material muy seco y no pesa en su mayoría en el parque, (figura 24).



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 24. Gráfica de la composición de desechos sólidos expresado en porcentajes de los diferentes métodos.

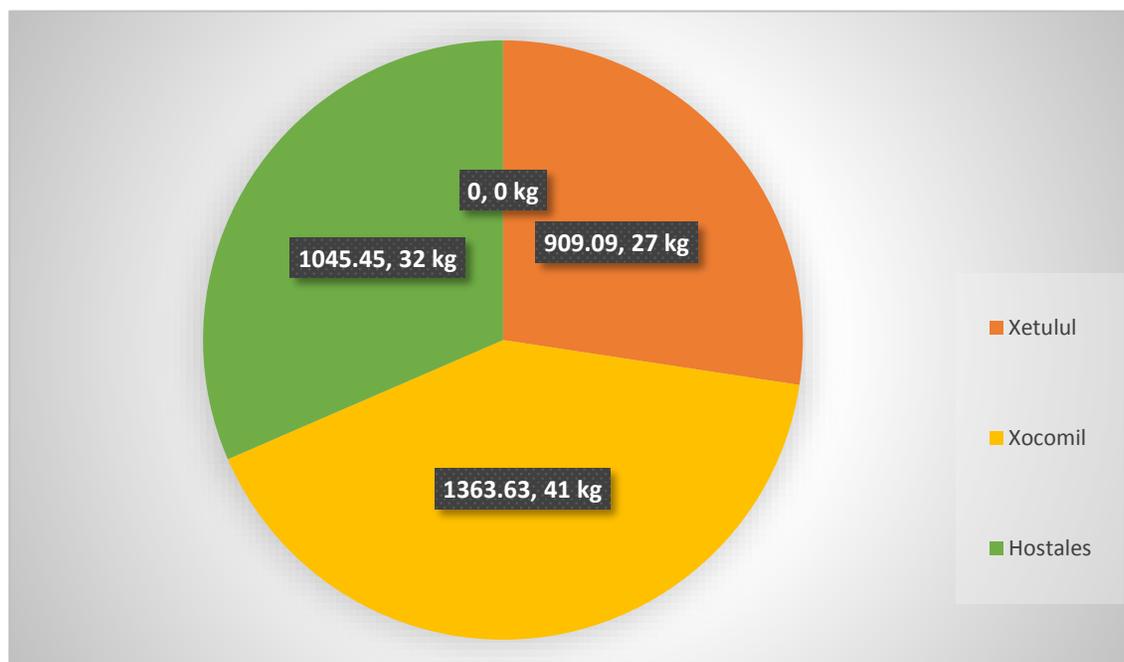
En la figura anterior se observa la composición de los desechos sólidos de los muestreos realizados en cada parque recreativo de Retalhuleu, si existe mayor variación de porcentaje del área de Hostales es el material orgánico de un 72 %, del muestreo total, 67.56 %, del muestreo de inventario, y un 49.07 % del muestreo de cuarteo, debido a que los desechos derivados de los restaurantes por los huéspedes que se encuentra de visita más los colaboradores en las instalaciones, mientras de menor variación es el parque Xocomil, de un porcentaje de 28.31 %, de muestreo de inventario, y 23.79 %, del muestreo cuarteo, y 16.33 %, del muestreo total, y mientras parque temático Xetulul, se encuentra en intermedio de la composición de los desechos sólidos de los parques recreativos.

5.5 Análisis físico de los desechos sólidos

5.5.1 Producción per cápita por día de desechos sólidos (PPC)

La generación per cápita de desechos sólidos es el promedio de la cantidad de basura que produce una persona, expresado en kg por habitante por día.

En este estudio de investigación se determinó que la producción per cápita por día de los desechos sólidos que generan los visitantes del parque temático Xetulul en el año 2,016, esto se logró en base al peso total de los residuos sólidos, (figura 25).



Fuente: elaboración propia, 2,016.

Figura 25. Gráfica del peso de los desechos sólidos de los parques recreativos IRTRA.

En este estudio de investigación se realizó en el año 2,016 el peso total de los desechos sólidos fue de 909.09 kg/día, considerando una población total 1666 (Visitantes y empleados), lo cual represente el 14 % de su capacidad instalada que en ese entonces era de 12000 visitantes, lo cual representa la capacidad total de alojamiento del parque Xetulul, lo que significa que a pesar de la capacidad instalada con la que actualmente cuenta, esta temporada denota que la demanda de servicio de recreación no ha variado significativamente, situación similar ha sucedido con los desechos sólidos generados.

Para determinar la PPC, se pesó el 100 % de los residuos sólidos generados el día domingo 02 de julio, y el lunes 03 de julio del año dos mil dieciséis, y utilizando la fórmula para el cálculo de PPC (kg/habitante (visitante/día)), se obtuvieron los datos mostrados en el cuadro 11.

Cuadro 11. Visitantes y empleados del Parque Temático Xetulul, Parque Acuático Xocomil y Hostales del IRTRA.

| Parque | Población | Cantidad | Total | Peso (kg total de desechos sólidos) | PPC (kg/visitantes/día) |
|----------|---------------------|----------|-------|-------------------------------------|-------------------------|
| Xetulul | Total de visitantes | 1016 | 1666 | 909.09 | 0.5456. |
| | Total de empleados. | 650 | | | |
| Xocomil. | Total de visitantes | 2149 | 2486 | 1363.63 | 0.5485 |
| | Total de empleados | 337 | | | |
| Hostales | Total de visitantes | 928 | 1,526 | 1045.45 | 0.6850 |
| | Total de empleados. | 648 | | | |
| Total | | | 5678 | 3318.22 | 0.5844. |

Fuente: elaboración propia, 2,016.

El cuadro 11, se muestra que la producción per cápita por día desechos sólidos ha tenido una mínima variación de reducción 0.1394 kg / visitante día con relación del parque Hostales del IRTRA con la comparación del parque temático Xetulul, mientras que la mínima variación de reducción 0.1365 kg / visitantes día con relación del parque Hostales del IRTRA con la comparación del parque acuático Xocomil. En la relación del promedio de la producción per cápita por día desechos sólidos de ambos parques es de 0.5844 kg / visitante por día incluyendo los empleados del IRTRA.

5.5.2 Composición física

Durante el proceso de la composición física de los desechos sólidos se debe considerar el peso y la densidad de la misma.

Para este procedimiento se utilizaron dos métodos: el método de cuarteo y el método de muestreo total (determinación usando el 100 % de los desechos sólidos); en ambos resultados se determinó que el mayor porcentaje desechos sólidos producidos en cada parque es la categoría de material no recuperable del parque de Xocomil a la comparación de otros parque Hostales IRTRA es la categoría de materia orgánica que tiene mayor porcentaje desechos sólidos, mientras que Parque temático Xetulul, es la categoría de materia orgánica que tiene mayor porcentaje de desechos sólidos en las instalaciones de la planta tratamiento de desechos sólidos, se obtuvo en ambos parques mayor porcentaje de materia orgánica que se trasladan a la cámara de compostaje, cuadro 12.

Cuadro 12. Composición de los desechos sólidos: Método del cuarteo

| |
|--|
| Parque temático Xetulul. |
| Tamaño de la muestra: 4 m ³ . |

| COMPONENTE. | PESO (kg) | TOTAL | % |
|--|-----------|--------|-------|
| A. Materia orgánica. | | | |
| 1.- Restos de alimenticios, cáscaras de frutas verduras, huesos, hojarascas y embutidos. | 94.54 | 94.54 | 55.32 |
| B. Materia inorgánica recuperable. | | | |
| 1.- Cartón. | 6.36 | | |
| 2.- PET | 4.73 | | |
| 3.- Latas de aluminio | 4.20 | 27.27 | 15,96 |
| 4.- Vidrios. | 3.82 | | |
| 5.- Chatarra, | 2.36 | | |
| 6.- Galones plásticos. | 5.80 | | |
| C. Material no recuperable. | | | |
| 1.- Vasos plásticos. | 6.36 | | |
| 2.- Platos plásticos., | 5.45 | | |
| 3.- Cubiertos utensilios plásticos. | 4.55 | | |
| 4.- Duroport. | 3.64 | | |
| 5.- Papel aluminizado (Envoltorios golosina) | 8.18 | 49.09 | 28.72 |
| 6.- Pañales desechables, | 8.55 | | |
| 7.- Bolsas plásticas. | 5.00 | | |
| 8.- Restos de papel y cartón. | 6.36 | | |
| 9.- Varios. | 1.00 | | |
| SUMA TOTAL. | | 170.90 | 100. |

Fuente elaboración propia 2,016.

Según los resultados obtenidos por el método del cuarteo, se puede determinar que el porcentaje entre materiales hubo variación en gran cantidad de materia orgánica se tiene un mayor porcentaje de 55.32 %, mientras de materia inorgánica recuperable es mínima la variación de un 15.96 % y por lo último de material no recuperable se obtuvo la variación de un 28.72 % de materiales de rechazos y/o inertes, (cuadro 13).

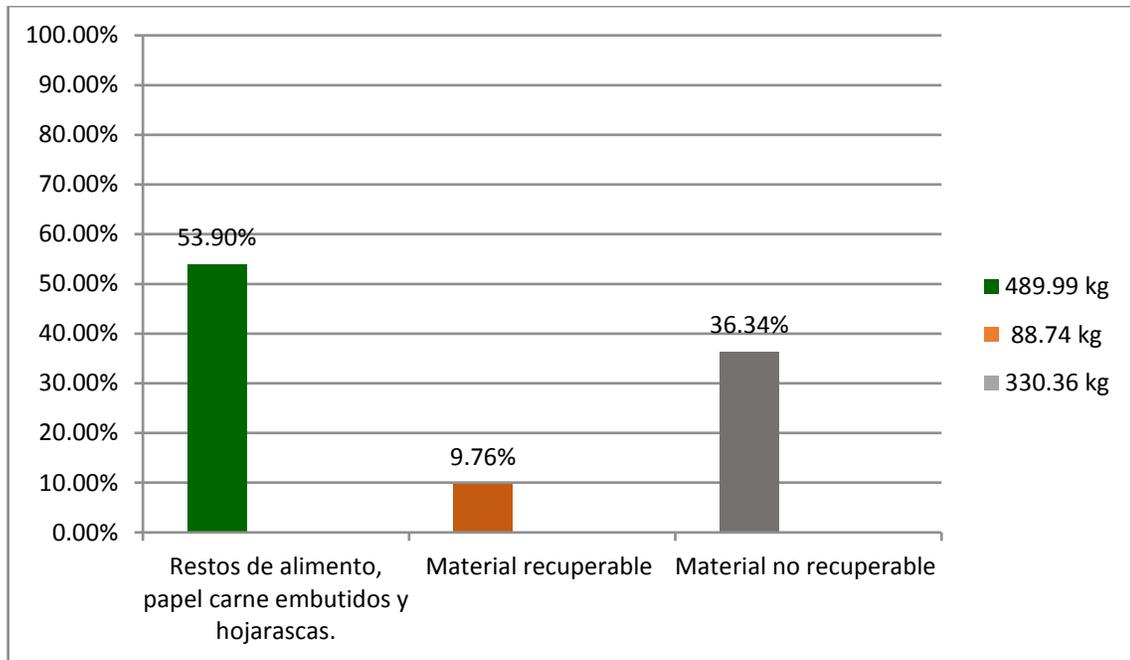
Cuadro 13. Composición de los desechos: Muestreo total (Usando el 100 % de los desechos sólidos. parque temático Xetulul.

| A. Material biodegradable | Peso (kg) | TOTAL | (%) |
|---|------------------|--------------|------------|
| 1. Restos de alimento, papel carne embutidos y hojarasca. | 489.99 | 489.99 | 53.90 |
| B. Materia Recuperable. | | | |
| 1. Cartón. | 19.08 | | |
| 2. PET | 14.46 | | |
| 3. Latas | 17.55 | 88.74 | 9.76 |
| 4. Vidrios | 15.46 | | |
| 5. Galones plásticos. | 16.18 | | |
| 6. Chatarra. | 6.01 | | |
| C. Material no Recuperable. | | | |
| 1. Varios. | 330.36 | 330.36 | 36.34 |
| TOTAL. | | 909.09 | 100. |

Fuente elaboración propia 2,016.

Según los resultados obtenidos por el método del muestreo total del 100 %, el mayor porcentaje se tiene en la generación de residuos de materia orgánica, lo cual indica que estos materiales orgánicos se trasladan a la cámara de compost para su proceso de descomposición y putrefacción dentro de la misma, por lo cual se obtiene en un tiempo estimado abono orgánico en la planta tratamiento de desechos sólidos.

Estos resultados demuestran que en el centro de recreación Xetulul, produce en teoría una mayor fracción de residuos orgánicos.

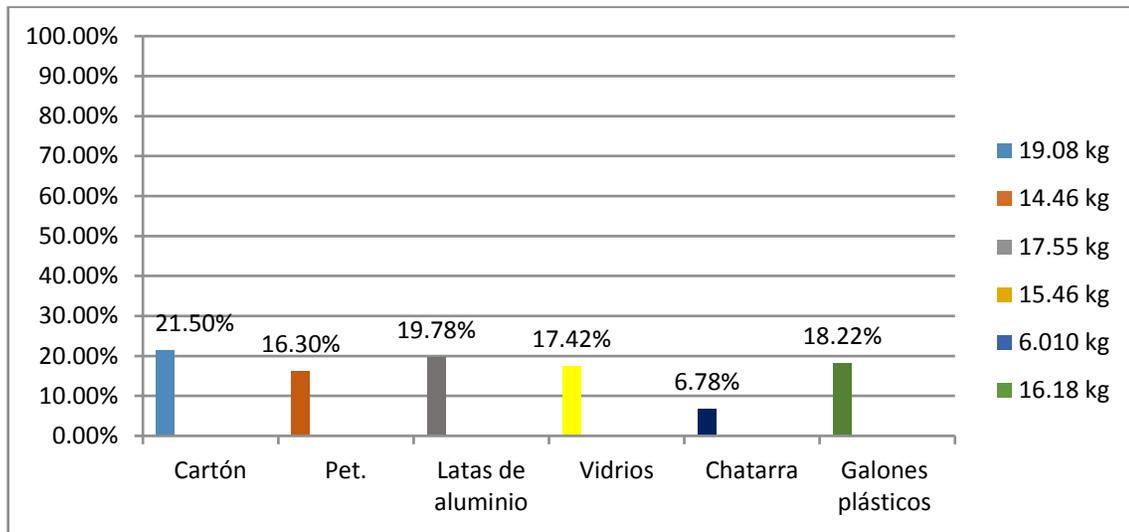


Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 26. Gráfica de relación de la composición de desechos sólidos producidos por año parque temático Xetulul.

En los resultados obtenidos según la gráfica se observa en el parque Xetulul que tiene un mayor porcentaje de la materia orgánica un 53.90 %, se necesita una mejora desde la fuente de desechos sólidos respecto de su recolección, para que cuando llegue a las instalaciones de la planta el material llegue ya clasificado, el material reciclaje tiene un mínimo variación de porcentaje 9.76 %, respecto de los materiales inertes, material no recuperables tiene un mínimo variación de un porcentaje 36.34 %, que su disposición final hacia al relleno sanitario.

Material reciclable parque Xetulul.

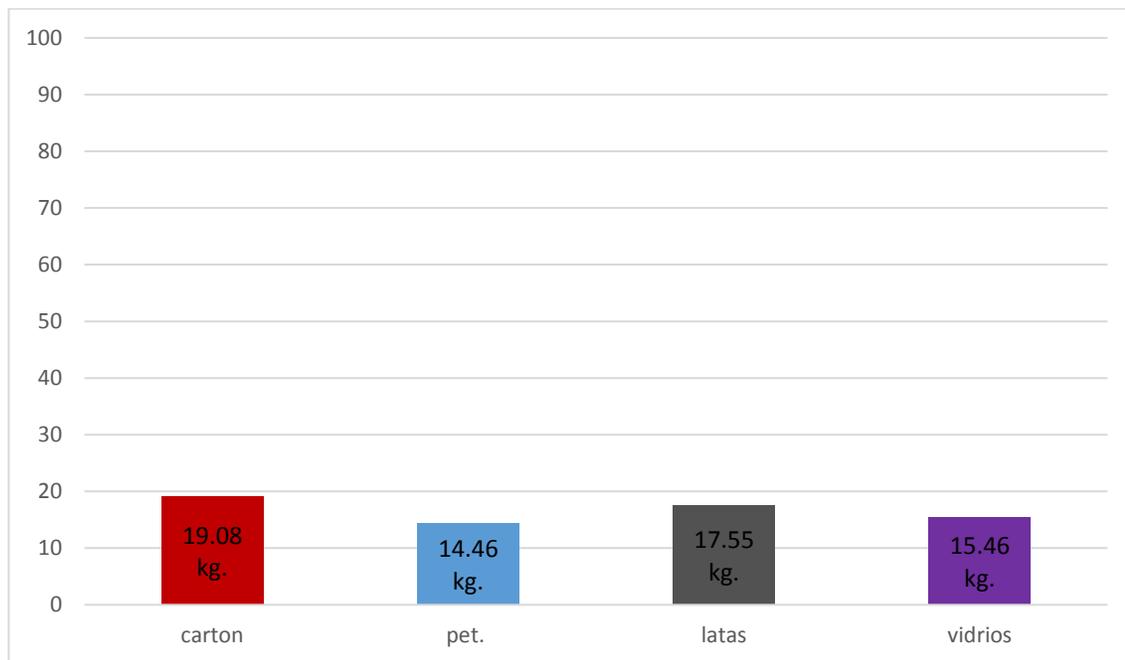


Fuente elaboración propia, 2,016.

Figura 27. Gráfica de materiales recuperables reciclables, parque temático Xetulul.

En la figura anterior, se observa de material recuperable reciclable de mayor porcentaje, es el material de cartón de un 21.50 %, y latas de aluminio de un 19.78 %, mientras el mínimo porcentaje de material recuperable es metal ferroso de un 6.78 %, del parque temático de Xetulul.

Materiales recuperables Parque Xetulul.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 28. Gráfica de la composición de los desechos sólidos del parque Xetulul.

En la figura anterior, se observa el mayor porcentaje de variación de materiales reciclaje del cartón de un 19.08 kg, y latas de aluminio de un 17.55 kg, y el mínimo porcentaje de un 14.46 kg, de la composición de los desechos del parque temático Xetulul, (cuadro 14).

Cuadro 14. Composición de los desechos sólidos: Método del cuarteo.

| Parque acuático Xocomil. | | | |
|---|------------------|----------------|------------|
| Tamaño de la muestra: 4 m³ | | | |
| COMPONENTE | Peso (kg) | TOTAL. | % |
| A: Materia orgánica. | | | |
| 1. Resto de alimentos (pan huesos de pollo, carnes embutidos, etc), papel y hojarascas. | 49.09 | 49.09 | 23.79 |
| B. Materia inorgánica recuperable. | | | |
| 1. Latas. | 14.55 | | |
| 2. Cartón. | 2.73 | 23.64 | 11.45 |
| 3. PET | 5.45. | | |
| 4. Galones plásticos. | 0.91 | | |
| C. Material No recuperable. | | | |
| 1. Cajas de cartón y vasos, | 19.08 | | |
| 2. Restos de plasticos, (plástico soplado). | 21.80 | | |
| 3. Duroport, | 10.92 | 133.63 | 64.76 |
| 4. Envoltorios de golosinas, | 5.84. | | |
| 5. Bolsas plásticas, | 25.55 | | |
| 6, Restos de papel y cartón. | 28.44 | | |
| 7. Varios. | 25.00 | | |
| SUMA TOTAL. | | 206.36. | 100 |

Fuente elaboración propia 2,016.

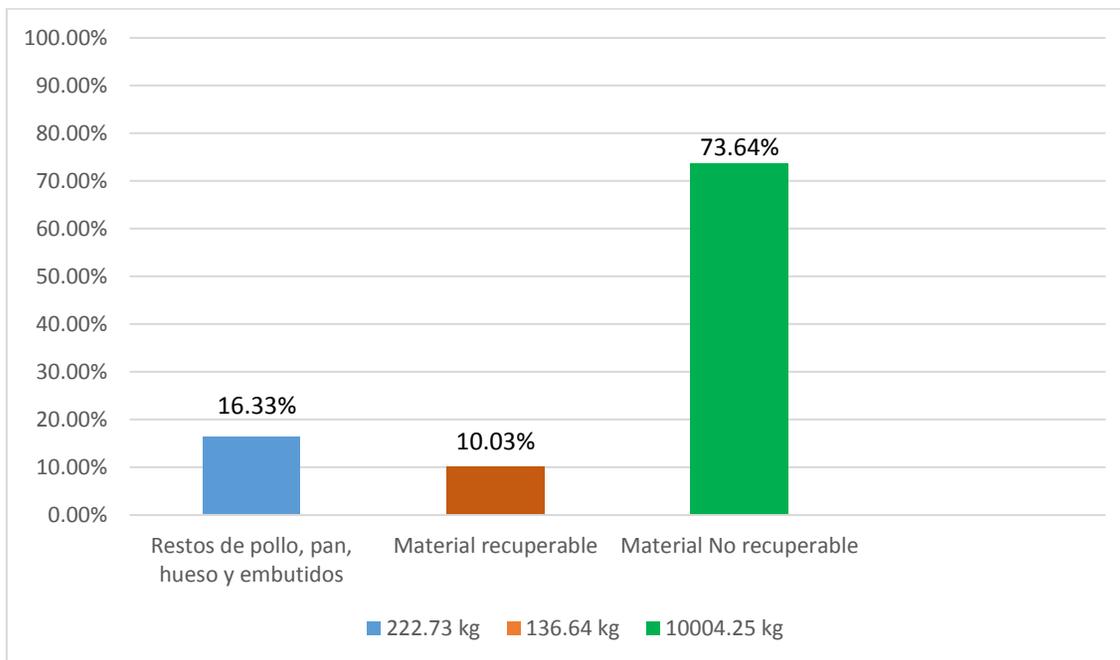
Según los resultados obtenidos por el método Cuarteo, indican que el porcentaje entre los materiales tuvieron gran variación, debido al exceso de material no recuperable que tiene un mayor porcentaje del 64.76 %, mientras que la materia orgánica tiene una variación mínima de un 23.79 %, y por lo último se obtuvo un material reciclados de material recuperable un 11.45 %, se trasladan a las ventas de materiales reciclados, (cuadro 15).

Cuadro 15. Composición de los desechos sólidos: muestreo total (usando el 100 % de los desechos sólidos del parque acuático Xocomil).

| A. Materia biodegradable. | Peso (kg). | TOTAL. | (%) |
|--|--------------------|---------------|--------------|
| 1. Restos de pollo, pan, hueso, y embutidos. | 222.73 | 222,73 | 16.33 |
| B. Material recuperable. | | | |
| 1. Pet | 27.25 | | |
| 2. Latas | 56.59 | 136.64 | 10.03 |
| 3. Cartón. | 34.57 | | |
| 4. Galones plásticos. | 18.19 | | |
| C. Material no recuperable. | | | |
| 1. Varios, | 1,004.26 | 1,004.25 | 73.64 |
| TOTAL. | | 1363.63 | 100 |

Fuente elaboración propia 2,016.

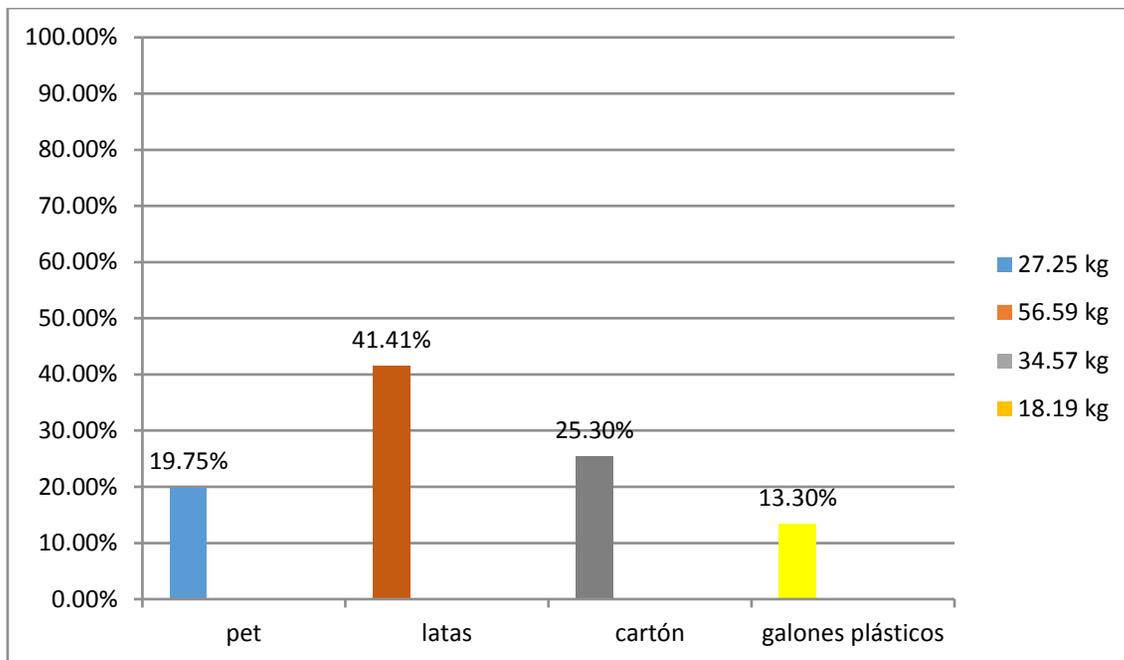
Los resultados obtenidos por el método del muestreo total el mayor porcentaje de generación de residuos lo tienen los materiales no recuperable y/o materiales inertes de rechazos con un 73.64 %. Estos materiales se trasladan hacia cemento progreso debido que estos materiales en su totalidad es de material seco, y se considera estos materiales de su poder calorífico en los hornos de dicha empresa Proverde para su proceso de co-procesamiento, según la figura 29.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 29. Gráfica de relación de la composición de los desechos sólidos producidos por año parque acuático Xocomil

En la figura anterior, se observa el mayor porcentaje de variación máximo de una cantidad de 73.64 %, de material inertes, no recuperable para su proceso de disposición final hacia al relleno sanitario y a la empresa Proverde. Mientras la materia orgánica un porcentaje intermedio de variación de un 16.33 %, que su destino final hacia a las cámaras de compostaje, y por último de material recuperable, reciclable, un porcentaje mínimo de variación de un 10.03 %, su destino final hacia a las empresas recicladoras de la venta de materiales reciclados.

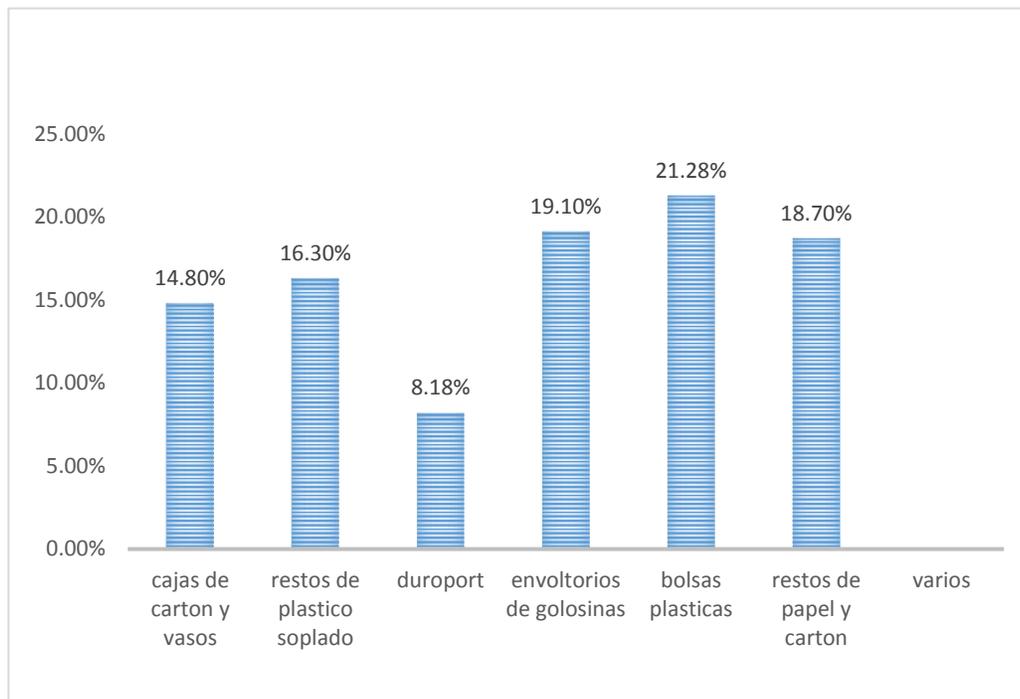


Fuente: elaboración propia, 2,016.

Figura 30. Gráfica de material recuperable reciclable parque Xocomil.

En la figura anterior, se observa el material recuperable de mayor porcentaje de latas aluminio de 41.41 %, y cartón un 25.39 % y los galones plásticos de menor de un 13.30 %, del parque Xocomil, del material que se vende a la empresa recicladora.

Material no recuperable parque Xocomil



Fuente: elaboración propia, 2,016.

Figura 31. Gráfica de la composición de los desechos sólidos del método cuarteo Xocomil.

En la figura anterior, se observa el material no recuperable de mayor porcentaje de bolsas plásticas de un 21.28 %, incluyendo envoltorios de golosinas de un 19.10 %, y restos de duroport un mínimo de un 8.18 %, del parque Xocomil, la mayoría de estos materiales inertes es trasladados a la empresa Proverde de su destino en la disposición final, (cuadro 16).

Cuadro 16. Composición de los desechos sólidos: Método del cuarteo.

| Hostales del IRTRA. | | | |
|--|-------------------|-------------------|---------------|
| Tamaño de la muestra: 4 m³ | | | |
| COMPONENTE. | Peso (kg). | Total (kg) | % |
| A. Materia orgánica. | | | |
| 1.- Resto de alimento, carnes, huevos, cáscaras de frutas, huesos y hojarasca. | 96.36 | 96.36 | 49.07 |
| B. Materia inorgánica recuperable. | | | |
| 1.- PET | 14.55 | | |
| 2.- Latas de aluminio. | 8.18 | | |
| 3.- Vidrios. | 14.54 | 40.00 | 20.37 |
| 4.- Chatarra. | 0.51 | | |
| 5.- Galones plásticos. | 1.82. | | |
| C. Material no recuperable. | | | |
| 1.- Platos plásticos. | 7.44 | | |
| 2.- Utensilios plásticos. | 6.16 | | |
| 3.- Duroport. | 5.51 | | |
| 4.- Vasos plásticos. | 7.56 | | |
| 5.- Bolsas plásticas. | 8.25 | 60.00 | 30.56. |
| 6.- restos de cartoncitos de helados. | 8.10 | | |
| 7.- Envoltorios de golosinas. | 6.50 | | |
| 8.- Pañales desechables. | 5.04 | | |
| 9.- Desechos peligrosos y varios. | 5.46. | | |
| SUMA TOTAL. | | 196.36. | 100.00 |

Fuente elaboración propia 2016.

Según los resultados obtenidos por el método de cuarteo se puede determinar que el porcentaje de los materiales existen variación significativas de la materia orgánica se obtuvo un 49.07 %, mientras que los materiales reciclados existen una variación mínima de un 60.00 %. Y por lo último de los materiales no recuperable una variación de 30.56 % que estos materiales de rechazos y/o inertes, se trasladan al relleno sanitario, (cuadro 17).

Cuadro 17. Composición de los desechos muestreo total (usando el 100 % de los desechos sólidos, Hostales del IRTRA).

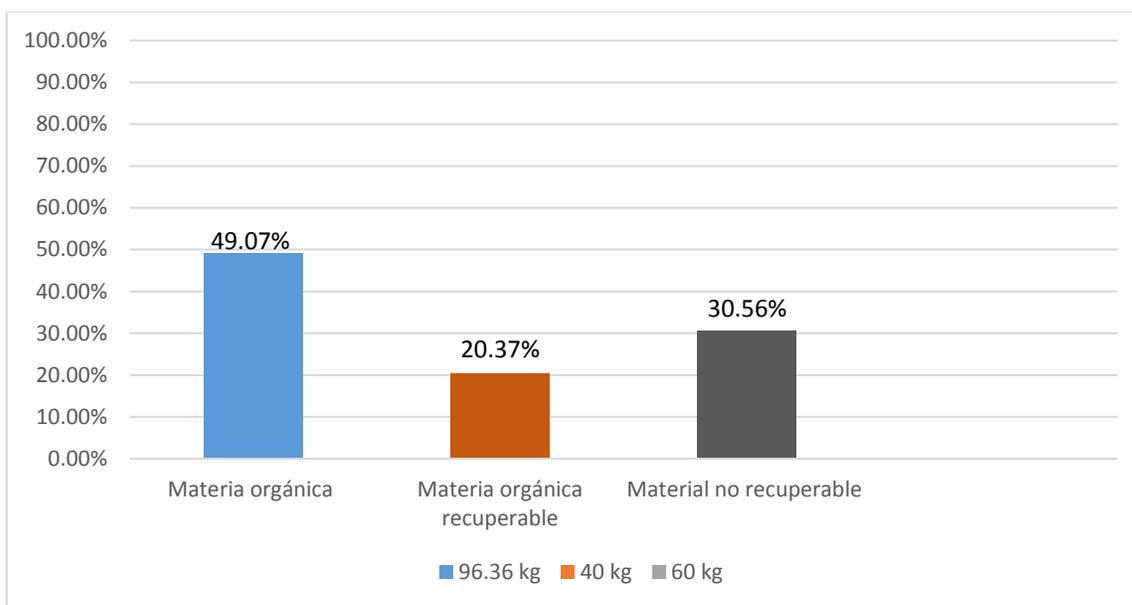
| A. Material biodegradable. | Peso (kg). | Total. | (%). |
|---|-------------------|----------------|---------------|
| 1.- Resto de alimento, carne, hueso, pan, pollo, cascara de fruta y huevo | 772.54 | 755.54 | 72.27 |
| B.- Material recuperable. | | | |
| 1.- PET | 35,20 | | |
| 2.- Latas de aluminio. | 19.80. | | |
| 3.- Galón plástico. | 4.50. | 99.32 | 9.50 |
| 4.- Chatarra. | 2,32. | | |
| 5.- Vidrios. | 33.20. | | |
| 6.- Cartón. | 4.30 | | |
| C.- Materia no recuperable. | | | |
| 1.- Varios. | 190.59. | 190.59. | 18.23 |
| TOTAL. | | 1045.45 | 100.00 |

Fuente elaboración propia 2016.

Según los resultados obtenidos del muestreo total, el mayor porcentaje es el materia orgánica de un 72.27 %, generación de residuos sólidos lo cual indica que estos desechos orgánicos deben ser trasladada a la cámara de compost, en la primera fase para su disposición final.

Los resultados demuestran que en Hostales del IRTRA, debido a la ocupación de huésped, de las habitaciones de un 35 %, del área, y por lo tanto cumple lo que comúnmente describe la teoría acerca de que tradicionalmente, la fracción mayoritaria de los residuos orgánico . Por la cantidad de residuos provenientes del área de restaurantes. La capacidad de Hostales es de 650 habitaciones en el área.

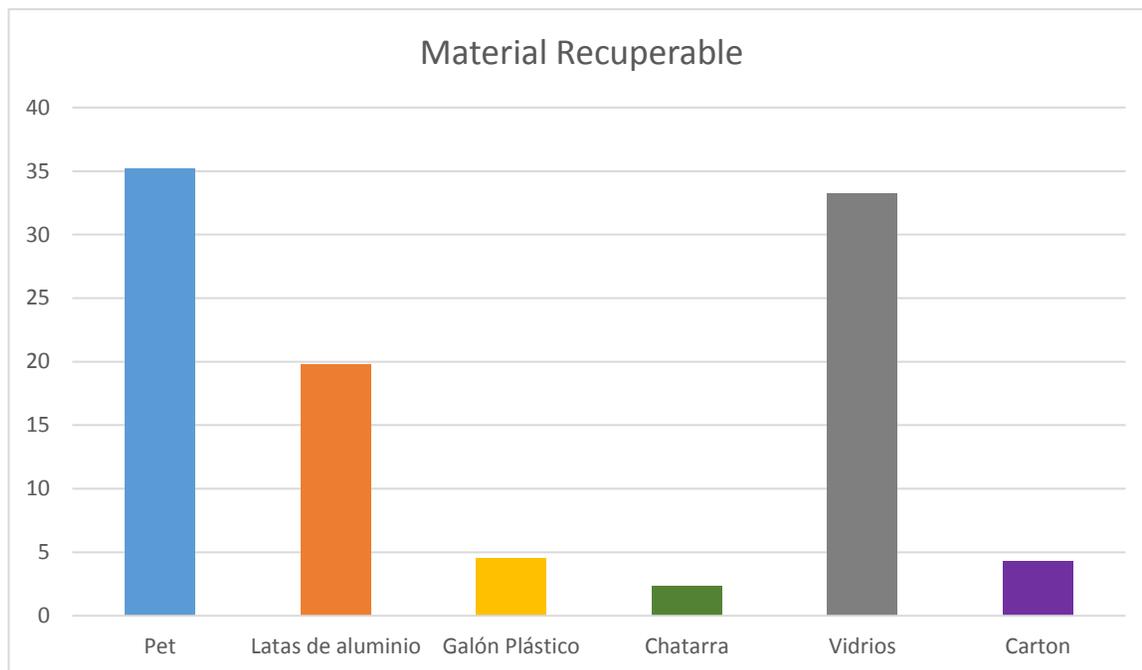
Relación entre la composición de los desechos sólidos producidos por año del Hostales del IRTRA, (figura 32).



Fuente: elaboración propia, 2,016.

Figura 32. Gráfica de composición de desechos sólidos por año Hostales.

En la figura anterior, se observa del material orgánica de un variación de mayor porcentaje de un 49.07 %, mientras el mínimo variación de un 20.37 %, del material recuperable o reciclable de la composición de desechos sólidos Hostales del IRTRA.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 33. Gráfico de material recuperable reciclable Hostales.

En la figura anterior, se observa el material recuperable de Pet, de botellas plásticas de un mayor cantidad expresado de porcentaje un 35.44 %, mientras el mínimo de variación de material metal ferroso de un menor cantidad expresado de un 2.34 %, y por la variación de intermedio de material latas de aluminio de una cantidad expresado en 19.93 %, de Hostales del IRTRA.

6. CONCLUSIONES

1. En este proceso sistematizado de los desechos sólidos y/o residuos, en la planta tratamiento de desechos sólidos de una forma manual se realizan las actividades diarias por medio del personal capacitado, entrenado y dinámico durante el proceso de clasificación y selección de los desechos que llegan en las instalaciones de la planta.
2. El inventario composición de los desechos sólidos de los diferentes parques recreativos del IRTRA, se realizó que el material orgánico del valor porcentual de 46.56 %, y el material reciclados es de 12.03 %, y el material inerte es de 41.42 %. Comparando los tres muestreos de la generación de residuos sólidos de los parques recreativos del IRTRA.
3. El proceso de la determinación física y características de los desechos sólidos producidos en los parques recreativos del IRTRA. Para este proceso se usó los dos métodos; el método de cuarteo y el método total para la diferencia de generación de desechos sólidos. Para cuantificar la comparación de otros parques Hostales es la categoría mayor volumen de materia orgánica, mientras parque Xetulul generan un intermedio de la materia orgánica y parque acuático Xocomil genera menos material orgánica según el cuadro 11, 12, 13 y 14, de los resultados obtenidos en los muestreos.
4. Actualizo toda la información necesaria recopilada en el manejo de los desechos sólidos del IRTRA. Para implementar de enriquecer los datos de muestreos de suelos derivados de los desechos orgánicos en la aplicación en el campo del IRTRA. Realizó muestreo de laguna lixiviada con los parámetros necesario según el acuerdo gubernativo 236-2006, de los análisis obtenidos que se encuentra los resultados en anexos.
5. Actualmente la planta ha sido evaluado del sistema de la clasificación en forma manual, desde zona de origen de transferencia de desechos sólidos ya vienen separados los materiales de los colaboradores que se depositan en su disposición final materia orgánica, cámara de compost, y/o material inerte, al relleno sanitario y material reciclados pasa en la mesa de clasificación para su proceso final.
6. Durante al proceso de funcionamiento y operación de la planta no existe maquinaria sofisticada para la innovación de la tecnología aplicada en los materiales orgánicos, materiales reciclados y materiales inertes como se lleva el sistema en cada proceso de producción de volumen de desechos sólidos que se generan en los parques recreativos del IRTRA.
7. Analizando la comparación a que alguna municipalidad hayan tenido fracaso en el manejo inadecuado de los desechos sólidos que se encuentra abandonado por falta de capacitación orientado hacia a los clasificadores de basura dentro del sistema de un proceso de mal manejo de los desechos sólidos se puede levantar y seguir adelante.

8 El material del Parque Acuático Xocomil es de comida rápida, no genera merma de comida y por lo tanto se considera un material seco de la materia orgánica, y se aplica una mínima diferencia de la cantidad de hojarasca que influyen de otros desechos de los demás parques recreativos del IRTRA.

- La operación de la planta de tratamiento de desechos sólidos ha sido la adecuada, sin embargo es necesario dar mantenimiento constante y cuidados especiales en su funcionamiento, por lo que se requiere de un monitoreo constante.
- Los resultados obtenidos de esta sistematización la producción per cápita por día es de 0.5844 kg / visitante / día de desechos que generan en las instalaciones.
- Este trabajo de investigación de sistematización de los desechos sólidos y residuos sólidos puede servir de referencia para ejecutar de implementar proyectos hoteleros municipalidades y parques recreativos que necesiten desarrollar un manejo adecuado e integral de los desechos sólidos.
- Los materiales reciclables son vendidos a empresas privadas encargadas de la compra de los productos reciclados para realizar la venta del material procesado.
- Actualmente el relleno sanitario tiene una capacidad disponible un 35 % de utilidad estimado. Debido a que está enviando a la empresa Pro-verde, una buena cantidad de pacas, material inertes clasificados se está incrementado más vida útil estimado del relleno sanitario. Según los datos de toneladas enviados se estiman que amplían más años de vida, estadísticamente se calculan unos 5 años más tarde, que el tiempo previo estimado en la planta.
- Durante cada 5 años se recomiendan realizar la extracción de lodos sedimentados en una forma manual y un proceso de secamiento en la parte superficie de la laguna de lixiviados y esperar una semana para minimizar la saturación de humedad de lodo y utilizar para llenado de bolsas de almácigos, de especies forestales, floristería y hortalizas en el área.
- Según los resultados obtenidos por el método del cuarteo en el parque Xetulul, se puede determinar que el porcentual entre materiales hubo variación en gran cantidad de materia orgánica se tiene un mayor de 55.32 %, mientras de materia inorgánica recuperable es mínima la variación de un 15.96 % y por lo último de material no recuperable se obtuvo la variación de un 28.72 % de materiales de rechazos y/o inertes.
- Según los resultados obtenidos por el método del muestreo total del parque Xetulul del 100 %, el mayor porcentaje se tiene en la generación de residuos de materia orgánica, lo cual indica que estos materiales orgánicos se trasladan a la cámara de compost para su proceso de descomposición y putrefacción dentro de la misma, por lo cual se obtiene en un tiempo estimado abono orgánico en la planta tratamiento de desechos sólidos.

- los resultados obtenidos por el método cuarteo en el parque Xocomil , se puede determinar que el valor porcentual entre los materiales hubo gran variación, en gran cantidad de material no recuperable se tiene un mayor del 64.76 %, mientras que la materia orgánica se tiene una variación mínima de un 23.79 %, y por lo último se obtuvo un material reciclados de material recuperable un 11.45 %, se trasladan a las ventas de materiales reciclados.
- Según los resultados obtenidos por el método del muestreo total del parque Xocomil del 100 %, el mayor porcentaje de generación de residuos se tiene los materiales no recuperable y/o materiales inertes de rechazos un 73.64 %, se trasladan estos materiales hacia cemento progreso debido que estos materiales en su totalidad es del 74 % de material seco.

7. RECOMENDACIONES

- 1 Realizar una mejora continua desde la fuente de desechos sólidos respecto de su recolección, para que cuando llegue a las instalaciones de la planta el material viene ya clasificado, el material reciclaje tiene un mínimo variación de porcentaje 9.76 %, respecto de los materiales inertes, material no recuperables tiene un mínimo variación de un porcentaje 36.34 %, que su disposición final hacia al relleno sanitario, del inventario de los desechos sólidos de la planta.
- 2 Identificar claramente las muestras de suelo y compost antes de ser enviadas al laboratorio; asimismo, enviarlas tamizadas y no menos de 0.5 kg de las mismas.
- 3 Elaborar un estudio más detallado de los suelos del IRTRA así como del compost para obtener mejores resultados. Para ello, se deben dividir las áreas del IRTRA en unidades fisiográficas no mayores a 10 ha. Así mismo, emplear un muestreo compuesto de muestras con compost y testigos de cada unidad fisiográfica, y analizar cada una de las muestras. Se propone realizar un muestreo de pH del suelo en la toma en los puntos de las sub-muestras, para elaborar a través de interpolaciones un mapa de pH de los suelos del IRTRA.
- 4 Diseñar de una construcción de una planta tratamiento de desechos sólidos en cada uno de los municipios que tiene se requiere en nuestro país para solucionar los problemas de la basura que se genera en su municipio. Este proyecto que reflejan el compromiso de la conservación y respeto del medio ambiente. Por lo tanto se considera una solución para beneficio de minimizar los impactos ambientales de salud, enfermedad y beneficio de generación empleo e intangible la contaminación dentro del sistema de nuestro país.
- 5 Realizar una investigación compleja de la generación de los desechos sólidos del país tanto del área central metropolitana, así como en los demás municipios que se encuentra en el área Norte, Sur, Oriente y Este del país para que se enriquezca la investigación de los desechos sólidos y el apoyo del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales y Renovables
- 6 Evaluar el origen los desechos sólidos en los parques recreativos y capacitación con los colaboradores del personal que tiene contacto con los materiales en su área de trabajo.
- 7 Actualizar la información recopilada del manejo de los desechos sólidos en los parques recreativos del IRTRA, en otras investigaciones de sistema mejora continua en las instalaciones de la planta tratamiento de desechos sólidos.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. EcoEmbres. 2014. Campaña de información de reciclaje de papel-cartón (en línea). Madrid, España. Consultado 20 feb. 2017 Disponible en <http://medioambienteenalcorcon.wordpress.com>
2. Gallardo, A. 2001. Tratamiento y gestión de residuos sólidos. Valencia, España, Universidad Politécnica de Valencia. p. 91-93, 99, 116-117, 123-125, 129, 136, 248, 255, 261, 264, 285, 319 p.
3. INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Guatemala). 2016a. Hidrología. Guatemala. 14 p.
4. _____. 2016b. Registros de parámetros climáticos, estación sinóptica Retalhuleu (2014 y 2015). Guatemala. 18 p.
5. INTA (Instituto de Tecnología Agropecuaria, Argentina). 2014. Cómo realizar un muestreo de suelo (en línea). Argentina. Consultado 4 set. 2014. Disponible en <http://inta.gob.ar/documentos/muestreo-de-suelo>
6. IRTRA (en línea). 2014. Wikipedia. Consultado 28 ago. 2014. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/IRTRA>
7. IRTRA (Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Iniciativa Privada, Guatemala). 2014a. Manual de bienvenida. Guatemala. 55 p.
8. _____. 2014b. Sobre nosotros (en línea). Guatemala. Consultado 28 ago. 2014. Disponible en <http://irtra.org.gt/sobre-nosotros/>
9. _____. 2014c. Un sueño hecho realidad. Guatemala. p. 32-33, 36, 38, 42, 44-45, 60-62, 64, 66-67, 70-79, 81 p.
10. _____. 2015. Departamento de seguridad, higiene y control ambiental. Guatemala. 16 p.
11. La Página de Bedri. 2014. Pasteurización (en línea). España. Consultado 1 nov. 2014. Disponible en www.bedri.es/comer_y_beber/conservas.caseras/pauterización.htm
12. MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Guatemala). 2015. Acuerdo Gubernativo número 281-2015: política nacional para para la gestión integral de residuos y desechos. Guatemala. 89 p.
13. Martínez, C. 2009. Edafología II, manual de prácticas de laboratorio. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 43 p.

14. Mijangos, N. 2002. Manejo integral de desechos sólidos del complejo de parques del Instituto Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala, IRTRA: Acuático, Xocomil, Vacacional Tzapotitlán y Temático Xetulul; Ubicados en San Martín Zapotitlán, Retalhuleu, Guatemala. Tesis MSc. Amb. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala. 135 p.
15. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Putumayo, Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria, Putumayo, Colombia; Unión Temporal FUNACH-ASCAPAM. 2002. Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa el suelo propiedad físicas químicas, conservación (documento digital). Mocoa, Colombia. p. 16. Consultado 23 oct. 2014. Disponible en http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4891/1/20061024153344_Caracteristicas%20del%20suelo%20propiedades%20fisico-quimicos.pdf
16. Montenegro, GA. 2014. Exitosa receta de recreación. Prensa Libre, Revista D, Guatemala, agosto 24:13-15.
17. Ramos, DG. 2014. Estudio evaluación y comparación de fertilidad de suelos con aplicación de compost y testigos de las áreas del Instituto Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala, IRTRA, de los municipios de San Martín Zapotitlán y Santa Cruz Mulúa, Retalhuleu, Guatemala. Informe Prácticas Ambientales. Mazatenango, Guatemala, USAC, CUNSUROC. 88 p.
18. Retalhuleu (en línea). 2016. Wikipedia. Consultado 16 jul. 2016. Disponible en <http://es.wikipedia.org/wiki/Retalhuleu>
19. Sánchez, J. 2014. Fertilidad del suelo y nutrición mineral de plantas (en línea). Puerto Rico, Universidad de Puerto Rico en Mayagüez. Consultado 23 oct. 2016. Disponible en <http://academic.uprm.edu/dpesante/docs-apicultura/fertilidad%20del%20suelo.pdf>
20. SEGEPLAN (Secretaría General de Planificación y Programación, Guatemala). 2010. Plan de desarrollo municipal, San Martín Zapotitlán, Retalhuleu, Guatemala. Guatemala. 85 p.
21. SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia, Guatemala); Consejo Municipal de Desarrollo de Santa Cruz Mulúa, Retalhuleu, Guatemala. 2010. Plan de desarrollo, Santa Cruz Mulúa, Retalhuleu (en línea). Guatemala. p. 9, 10. Consultado 5 set. 2014. Disponible en http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=itemlist&task=category&id=240:santa-cruz-mulua&Itemid=333
22. Teletor, J. 2015. Descripción, evaluación y propuesta mejora a los sistema de tratamiento de aguas residuales en una Institución Recreativa Privada de Guatemala, IRTRA, San Martín Zapotitlán, departamento de Retalhuleu, Guatemala. Tesis MSc. Amb. Guatemala, FUNIBER. 261 p.

9. ANEXOS

1. Sistema de manejo de desechos sólidos, IRTRA de Retalhuleu

Cuadro 18A. Localización planta tratamiento, IRTRA

| Proyecto | Ubicación | Logotipo |
|---------------------|---|----------|
| IRTRA Retalhuleu | Kilómetro 180. 5 San Martín Zapotitlán, Retalhuleu | IRTRA |

Fuente: Green Development, 2015

En 1960 algunos empresarios guatemaltecos decidieron crear una institución para llenar el vacío de espacios de recreación para los trabajadores de la iniciativa privada. Esta iniciativa, hoy es una realidad, denominada Instituto de Recreación de los Trabajadores de la Empresa Privada de Guatemala (IRTRA) que incluye parques en la Ciudad Capital, Amatitlán y Retalhuleu. Este último cuenta además con un complejo de Hostales.

El proyecto para reducir emisiones de gases de efecto invernadero implementado por el IRTRA en Retalhuleu consistió en la implementación de un sistema de tratamiento de desechos sólidos de su parque y Hostales con una capacidad para ocho mil personas.

El IRTRA Retalhuleu ahora cuenta con un área de clasificación, cámaras de compostaje y un relleno sanitario para tratar los desechos sólidos.

2. Escenario previo al proyecto

Previo a que el proyecto fuera llevado a cabo, los desechos que provenían del parque de recreación del IRTRA en Retalhuleu, eran depositados en agujeros, los cuales eran cubiertos con una capa de tierra, al llegar a cierto nivel. Al ser un vertedero sin tratamiento producía malos olores y plagas, las cuales eran percibidas por los colaboradores. La contaminación por lixiviados era un problema latente.

El aumento en la generación de residuos sólidos asociado a la creciente afluencia de visitantes al IRTRA a lo largo de los años, llevó a la adopción de tecnologías apropiadas para la disposición final de residuos sólidos que reducen los impactos negativos al ambiente y a la salud humana.

El proyecto consiste en un sistema de manejo de desechos sólidos del parque y los Hostales. El sistema incluye un área para la clasificación de los desechos, ocho cámaras de compostaje que procesan los desechos orgánicos y los transforman en compost, un relleno sanitario para los desechos no reciclables u orgánicos y una laguna facultativa, para el tratamiento de los lixiviados.

La separación de residuos se lleva a cabo en el origen, en recipientes de colores indicativos, principalmente entre los orgánicos o biodegradables y los inorgánicos. Luego, estos últimos son clasificados para el reuso o reciclaje y el material de rechazo se destina al relleno sanitario especial de rechazos inertes. Los residuos orgánicos se llevan a las cámaras de compostaje cuyo proceso se

basa en la convección de aire que se provoca por la reacción exotérmica del propio proceso aerobio que sube la temperatura hasta los 70 °C.

En el caso del material orgánico, es trasladado a una cámara de compostaje con capacidad de 120 m³, la cual opera mediante un sistema aeróbico. Los materiales orgánicos son sometidos a un proceso de estabilización y descomposición que dura aproximadamente ocho meses, cuyo resultado es la producción de compost.

Para la clasificación de los desechos, se cuenta con dos mesas de concreto donde trabajan cuatro personas que separan los desechos orgánicos, inorgánicos, reciclables y otros. Posteriormente, son enviados a sus respectivas áreas de tratamiento y disposición final.

El material inorgánico reciclable, constituye entre el 5 % al 10 % del volumen total de desechos. Estos son separados y comercializados en la planta. Para maximizar la generación de ingresos por la venta se cuenta con una compactadora para el PET.

El material no reciclable es enviado a un relleno sanitario controlado, que es cubierto cada tres meses con materia vegetal, este proceso sirve para recuperación de áreas con pendientes pronunciadas. Este componente oscila entre 30 % volumen total de los desechos.

El relleno sanitario al tener pequeñas cantidades de material orgánico (difícil de separar previamente), puede provocar lixiviados, sustancias contaminantes que son conducidos, conjuntamente con las aguas de lavado y percolación en las cámara de compostaje, por “un drenaje franceses” a una laguna de estabilización anaerobia-aerobia o facultativa, para su tratamiento y estabilización. El agua residual, así depurada, pasa a una quebrada aledaña sin causar impactos negativos.

3. Análisis financiero

Cuadro 19A. Especificaciones económicas

| <i>Inversión</i> | <i>USD 1 Millón</i> |
|---|----------------------------|
| <i>Tipo de Inversión</i> | <i>Fondos propios</i> |
| <i>Proporción de los fondos</i> | <i>100 % IRTRA</i> |
| <i>Ingresos Anuales</i> | |
| - <i>Venta de Material para reciclaje</i> | <i>Q162,000.00</i> |
| <i>Ahorros Anuales Generados en:</i> | |
| - <i>Consumo de fertilizante</i> | <i>Q204,000.00</i> |
| <i>Costos Anuales de Operación</i> | <i>Q94,800.00</i> |
| <i>Incluye:</i> | |
| - <i>Mantenimiento de la planta</i> | |
| - <i>Insumos de mantenimiento</i> | |

Fuente: Green Development, 2015

El IRTRA, con su inversión de US \$ 1, 000,000.00, ha logrado implementar desde el año 2005 el sistema de manejo de desechos sólidos, generando importantes beneficios para la organización.

A través de la implementación del proyecto, todos los residuos generados en la operación del complejo del IRTRA en Retalhuleu (el cual incluye a los Hostales y los parques Xetulul y Xocomil),

son transformados en insumos que soportan la propia operación, los cuales se detallan a continuación:

- Ventas de materiales aptos para reciclaje, como consecuencia de la labor de clasificación dentro de la planta.
- Ahorros en el uso de fertilizantes, siendo sustituido por compost producido directamente de los desechos orgánicos que llegan a la planta.

Esto ha permitido que año con año el ahorro sea incremental, debido al aumento en precios de fertilizantes que son sustituidos por el compost. Estos ahorros anuales son de aproximadamente Q.200, 000.00.

Por otro lado, los ingresos promedio anuales por la venta de material para reciclaje ascienden a Q.162, 000.00. Los costos asociados al proyecto son los de mantenimiento, los cuales en promedio ascienden a Q.95, 000.00 anuales y corresponden a trabajos de retoque de paredes, instalaciones oxidadas, entre otros. La planilla de colaboradores y arrendamiento de maquinaria no se toma como un costo marginal del proyecto debido a que eran los mismos con los que se contaba previo a su implementación.

El proyecto implementado por IRTRA ha generado impactos positivos para el ambiente, la mitigación de riesgos ambientales que pudieran traer consecuencias graves a comunidades aledañas en función de estos riesgos, y el aprovechamiento inteligente de los residuos sólidos ha generado fuentes de ingreso y ahorro para la propia operación del proyecto.

4. Reducción de emisiones

4.1 Metodología

Metodología MDL (mecanismo de desarrollo limpio)

Año: Noviembre 2014.

ACM0022 Proceso Alternativo de tratamiento de residuos

4.2 Variables

- Fracción en peso de los tipos diferentes de residuos en una muestra
- La cantidad total de residuos orgánicos impedido disposición
- La electricidad y el consumo de combustibles fósiles en el sitio del proyecto

3.3 Fórmula

$$\left. \begin{array}{l} BE_{CH_4,SWDS,y} \\ PE_{CH_4,SWDS,y} \\ LE_{CH_4,SWDS,y} \end{array} \right\} = \varphi_y \times (1 - f_y) \times GWP_{CH_4} \times (1 - OX) \times \frac{16}{12} \times F \times DOC_{f,y} \quad \text{Equation (1)}$$

$$\times MCF_y \times \sum_{x=1}^y \sum_j (W_{j,x} \times DOC_j \times e^{-k_j \times (y-x)} \times (1 - e^{-k_j}))$$

4.4 Estimación

(1-f_y) captura de metano = 1

GWP = 25

OX valor de oxidación = 0.1

16/12 fracción = 1.33333

F Fracción de metano =0.5

DOC Descomposición = 0.5

Desechos = 3,181. 81

K = 0.17

$$= (1) 25 (1 \times 0.1) \times 1.33333 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 3042.613636$$

$$\times (0.843664817 \times 0.843668 \times 0.17) = 2,165.64209 \text{ tCO}_2$$

4.5 Conclusión

Con la implementación de la planta de tratamiento de manejo de desechos sólidos, IRTRA deja de emitir a la atmosfera **2,165.6 tCO_{2e}** por año.

5. Barreras de implementación

El proyecto implementado en el IRTRA también conllevó barreras de implementación que se lograron sobrepasar. A continuación se describen estas barreras identificadas:

- Tecnología: La implementación de mecanismos nuevos siempre es un reto. Al manejar los desechos de la forma correcta fue de suma importancia la capacitación y concientización del personal por parte de personas con conocimientos del tema para llevar el buen manejo y control del relleno. Para poder tener éxito se realizaron ensayos de prueba y error para ir mejorando el tratamiento de los desechos.

- Cultura: La separación de desechos actualmente se lleva a cabo por personal de la planta de tratamiento, si se contara con una cultura de reciclaje tanto a nivel interno como de visitantes los gastos de operación serían menores.

6. Condiciones para una exitosa implementación

La ejecución de este proyecto fue efectiva al contar con condiciones que facilitaron su desarrollo, tales como las que se citan a continuación:

- La voluntad de los tomadores de decisión de invertir en un proyecto de manejo de desechos sólidos por principio de responsabilidad ambiental y como medio de educación para sus colaboradores.
- La necesidad de reducir las molestias que causaba la forma en que originalmente se atendía la problemática de los desechos sólidos, provocando plagas y malos olores que afectaban a los visitantes.
- La preocupación de proteger los mantos freáticos de los lixiviados provocados por la degradación de los desechos.

Cuadro 20A. Cálculo volumétrico en quintales de generación de desechos sólidos del año 2,015 de ambos parques recreativos del IRTRA.

| No de orden | Mes | Hostales | Xetulul | Xocomil | Total |
|-------------|------------|----------|---------|---------|-----------|
| 1 | Enero | 1021 | 688 | 521 | 2230 |
| 2 | Febrero | 615.2 | 465 | 321 | 1401.2 |
| 3 | Marzo | 950 | 679 | 563 | 2192 |
| 4 | Abril | 1206 | 809 | 689 | 2704 |
| 5 | Mayo | 1038 | 669 | 536 | 2243 |
| 6 | Junio | 1115 | 971 | 766 | 2852 |
| 7 | Julio | 1063 | 889 | 506 | 2458 |
| 8 | Agosto | 946 | 679 | 474 | 2099 |
| 9 | Septiembre | 791 | 377 | 299 | 1467 |
| 10 | Octubre | 848 | 366 | 326 | 1540 |
| 11 | Noviembre | 970 | 629 | 661 | 2260 |
| 12 | Diciembre | 1713 | 1249 | 1052 | 4014 |
| 13 | Total. | 12,276.2 | 8,470. | 6,714 | 27,460.20 |

Cuadro 21A. Valores porcentuales de los desechos sólidos de los parques recreativos del IRTRA.

| % Hostales | % Xetulul | % Xocomil | Total |
|------------|-----------|-----------|-------|
| 45.79 | 30.85 | 23.36 | 100 |
| 43.91 | 33.18 | 22.91 | 100 |
| 43.34 | 30.98 | 25.68 | 100 |
| 44.6 | 29.92 | 25.48 | 100 |
| 46.28 | 29.83 | 23.89 | 100 |
| 39.1 | 34.04 | 26.86 | 100 |
| 43.25 | 36.17 | 20.58 | 100 |
| 45.07 | 32.35 | 22.58 | 100 |
| 53.92 | 25.7 | 20.38 | 100 |
| 55.06 | 23.77 | 21.17 | 100 |
| 42.92 | 27.83 | 29.25 | 100 |
| 42.68 | 31.11 | 26.21. | 100 |

Cuadro 22A. Volumen de materiales reciclados expresados en quintales 2015.

| Mes | Latas | Pet | Vidrios. | Cartón. | Galón plástico. | Chatarra. | Total Recicla | Mat Inertes | Mat Orgánico | Total |
|--------------------|---------------|--------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| Enero | 21.06 | 46.38 | 38 | 25.92 | 8.41 | 9.73 | 149.5 | 1024.9 | 1055.6 | 2230 |
| Febrero | 15.64 | 15.96 | 47.11 | 42.95 | 14.38 | 0 | 136.09 | 535.86 | 729.25 | 1401.2 |
| Marzo | 23.19 | 35.65 | 30.08 | 48.2 | 13.04 | 18.65 | 168.81 | 875.99 | 1147.2 | 2192 |
| Abril | 23.1 | 50 | 35.15 | 62.24 | 18.91 | 15.51 | 204.91 | 1077.59 | 1421.5 | 2704 |
| Mayo | 33.42 | 47.59 | 52.27 | 37.01 | 8.31 | 19 | 197.6 | 846.59 | 1198.45 | 2243 |
| Junio | 25.63 | 27.67 | 22.59 | 42.84 | 15.57 | 21.89 | 156.19 | 1176.36 | 1519.45 | 2852 |
| Julio. | 45.15 | 74.25 | 69.2 | 82.18 | 33.71 | 0 | 304.89 | 867.56 | 1285.55 | 2458 |
| Agosto. | 18.06 | 28.43 | 38.75 | 49.1 | 16.8 | 17.35 | 168.49 | 770.91 | 1159.6 | 2099 |
| Septiembre. | 13.18 | 17.5 | 43.9 | 27.1 | 10.71 | 0 | 112.45 | 545.5 | 809.05 | 1467 |
| Octubre. | 9.97 | 13.74 | 20.94 | 21.07 | 6.68 | 0 | 72.4 | 613.15 | 854.45 | 1540 |
| Noviembre. | 25.86 | 33.68 | 51.39 | 50.49 | 19.83 | 25.68 | 206.93 | 769.92 | 1283.15 | 2260 |
| Diciembre. | 48.96 | 68.65 | 52.24 | 91.97 | 24.73 | 0 | 286.55 | 1591.04 | 2136.41 | 4014 |
| TOTAL. | 303.22 | 459.5 | 501.62 | 581.07 | 191.08 | 127.81 | 2164.81 | 10695.37 | 14599.66 | 27460.2 |

Cuadro 23A. Valores porcentuales de desechos sólidos material reciclable, material inerte y materia orgánica de 2,015.

| % Material reciclado. | % Material inerte. | Materia orgánica. | Total. |
|------------------------------|---------------------------|--------------------------|-----------------|
| 6.7 | 45.96 | 47.34 | 100. |
| 9.71 | 38.24 | 52.05 | 100. |
| 7.7 | 39.96 | 52.34 | 100. |
| 7.58 | 39.85 | 52.57 | 100. |
| 8.81 | 37.76 | 53.43 | 100. |
| 5.47 | 41.25 | 53.28 | 100. |
| 12.40 | 35.30 | 52.30 | 100. |
| 8.03 | 36,73 | 55.24 | 100. |
| 7.67 | 37.18 | 55.15 | 100. |
| 4.7 | 39.82 | 55.48 | 100. |
| 9.15 | 34.07 | 56.78 | 100. |
| 7.14 | 39.64 | 53.22 | 100. |
| 7.92 | 38.81 | 53.27 | Promedio/anual. |

Cuadro 24A. Ventas de materiales reciclados 2015.

| Mes | Cantidad. |
|--------------------|------------------|
| Enero. | Q.13,947.00 |
| Febrero. | Q. 9,284.35 |
| Marzo | Q.13,367.55 |
| Abril. | Q.13, 387.05. |
| Mayo. | Q.20,895.09 |
| Junio. | Q.14,133.48 |
| Julio. | Q.27,478.18 |
| Agosto. | Q.12,287.30 |
| Septiembre. | Q.8, 036.92. |
| Octubre. | Q.5, 757.14. |
| Noviembre. | Q.15,329.25 |
| Diciembre. | Q.26,268.19 |
| TOTAL. | Q.180,171.50 |

Cuadro. 25A. Informes de Laboratorio de Aguas Residuales y laguna de lixiviado.

Análisis solicitado: Ambiental y microbiológico

| Muestras | Número |
|------------------|---------------|
| Aguas residuales | 10 |

Fecha de muestreo: 03 de julio, 2016
Fecha de recepción: 04 de julio, 2016
Fecha de proceso: 04 de julio, 2016
Fecha de reporte: 13 de julio, 2016
Tipo de muestreo: Manual compuesto en 9 horas
Hoja de muestreo: No. 162891 y 162892

Remitente y sitio de muestreo: Ing. Edgar Flores / Ing. Julio Teletor
 Gerente de Recursos Humanos
 Instituto de Recreación de los Trabajadores
 de la Empresa Privada de Guatemala IRTRA
 7ma. Avenida 7-24 zona 9
 Tel: 5272-6517

Sitio de muestreo: Km. 180,5 Carretera a Quetzaltenango por la Costa
 SurSan Martín Zapotitlán, Retalhuleu.
 Correo: sehxtulul@irtra.org.gt
manhostales@irtra.org.gt

Cuadro 26A. IRTRA Xocomil y Xetulul

Tipo de muestra: Aguas residuales
Condiciones de la muestra: Temperatura de recepción: 2,2 °C, Envase: tambos plásticos, Frascos de vidrio y bolsas whirl-pack
Análisis solicitado: Ambiental y microbiológico
Fecha de muestreo: 03/07/2016
Fecha de recepción: 04/07/2016
Fecha de proceso: 04/07/2016
Sitio de descarga: Río (cuerpo receptor)
Método de muestreo: Manual compuesto en 9 horas
 SMWW Met 1060 Pág. 1-37 a 1-46
Responsable de análisis: Rina L. Orellana Ayala
Transcripción del informe: Lissette Uyú Martínez

| Determinaciones fisicoquímicas | Agua residual ordinaria Tomada después de planta de tratamiento Francia 15 P 0649562 UTM 1614136 Altura: 481 m (±) 5 (No. Lab.1611488) | Agua residual ordinaria tomada después de planta de tratamiento Xocomil 15 P 0649598 UTM 1614179 Altura: 464 m (±) 4 (No. Lab.1611489) | Agua residual ordinaria tomada después de laguna Lixiviados 15 P 0649214 UTM 1693013 Altura: 438 m (±) 4 (No. Lab.1611490) |
|---|--|--|---|
| Demanda química de oxígeno (DQO) (°) | 73,0 mg O ₂ /L | 198,0 mg O ₂ /L | 170,0 mg O ₂ /L |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (°) | 52,0 mg O ₂ /L | 110,0 mg O ₂ /L | 95,0 mg O ₂ /L |
| Carga de DQO | 6,1 kg/día | 28,3 Kg/día | 28,6 Kg/día |
| Carga de DBO | 4,3 kg/día | 15,7 Kg/día | 16,0 Kg/día |
| Relación DQO-DBO | 1,4 | 1,8 | 1,8 |
| Sólidos sedimentables (°) | 0,1 ml/L | 0,2 ml/L | <0,1 ml/L |
| Materia flotante | Ausente | Ausente | Ausente |
| Sólidos en suspensión (°) | 18,4 mg/L | 94,6 mg/L | 47,8 mg/L |
| Grasas y aceites | 54,6 mg/L | 51,4 mg/L | 63,0 mg/L |
| Color verdadero | 13,0 Pt/Co | 14,0 Pt/Co | 25,0 Pt/Co |
| Nitrógeno total | 73,0 mg/L | 3,6 mg/L | 5,8 mg/L |
| Fósforo total | 2,2 mg/L | 2,1 mg/L | 1,6 mg/L |
| Coliformes fecales (°) | 92000 NMP/100ml | <1,8 NMP/100ml | 130000 NMP/100ml |

SIGLAS USADAS: SMWW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. 2012.

SQ: Método Spectroquant.

(°) Análisis acreditados conforme a la norma COGUANOR NTG/ISO/IEC/17025

| Parámetros | Métodos de Referencia |
|---|---|
| Sólidos totales secados entre 103 a 105° C | SMWW Met. 2540 B Pág. 2-64 |
| Sólidos en suspensión totales secados entre 103 a 105° C | SMWW Met. 2540 D Pág. 2-66 |
| Sólidos sedimentables | SMWW Met. 2540 F Pág. 2-67 y 2-68 |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO). método respirométrico | Instructivo de Merck Línea Oxitop (análogo a SMWW Met.5210 D Pág. (5-13 a 5-16) |
| Demanda química de oxígeno (DQO). reflujo cerrado, método colorimétrico | SQ. Met. 14555 (análogo a SMWW Met. 5220 D Pág. 5-20 y 5-21) SQ. Met. 14541 (análogo a SMWW Met. 5220 D Pág 5-20 y 5-21) SQ. Met. 14690 (análogo a SMWW Met. 5220 D Pág. 5-20 y 5-21) |
| Materia flotante | NOM 001-ECOL |
| Grasas y aceites, método de partición gravimétrica | SMWW Met. 5520 B Pág. 5-40 y 5-41 |
| Color | SMWW Met. 2120 C |
| Nitrógeno | SQ Met. 14537 |
| Fósforo total | SQ Met. 14848 |
| Coliformes fecales | SMWW Met. 9221 E Pág. 9-74 |

Nota: La reproducción únicamente puede ser total y deberá ser aprobado por **F. Q. B. Laboratorios**.
 Los resultados se refieren únicamente a las muestras analizadas.

Cuadro 27A. IRTRA Xocomil y Xetulul

Tipo de muestra: Aguas residuales
Condiciones de la muestra: Medición in situ
Análisis solicitado: Determinación de pH y temperatura
Fecha de muestreo: 03/07/2016
Fecha de recepción: 03/07/2016
Fecha de proceso: 03/07/2016
Sitio de descarga: Río (cuerpo receptor)
Método de muestreo: Puntual, SMWW Met. 1060 Pág. 1-37 a 1-46
Responsable de análisis: Byron Lima / Antonio Revolorio
Transcripción del informe: Lissette Uyú Martínez

| Identificación de la muestra | (No. Lab) | Fecha | Hora de medición | Temperatura (medida in situ) | pH (°) (medida in situ) | Cloro (medida in situ) |
|---|-------------|--------------|------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------|
| Agua residual ordinaria Tomada después de planta de tratamiento Francia 15 P 0649562 UTM 1614136 Altura: 481 m (±) 5 | 16114 88 | 03/07/ 16 | 08:00 | 24,8°C | 7,79 | 1,0 ppm |
| | | | 08:05 | 24,7°C | 7,79 | |
| | | | 16:00 | 23,8°C | 7,69 | |
| | | | 16:05 | 23,7°C | 7,69 | |
| Agua residual ordinaria tomada después de planta de tratamiento Xocomil 15 P 0649598 UTM 1614179 Altura: 464 m (±) 4 | 16114 89 | | 08:10 | 25,2°C | 7,35 | 1,0 ppm |
| | | | 08:15 | 25,3°C | 7,35 | |
| | | | 16:10 | 26,3°C | 7,29 | |
| | | | 16:15 | 26,3°C | 7,29 | |
| Agua residual ordinaria tomada después de laguna Lixiviados 15 P 0649214 UTM 1693013 Altura: 438 m (±) 4 | 16114 90 | 08:25 | 27,4°C | 7,76 | <0,5 ppm | |
| | | 08:30 | 27,4°C | 7,76 | | |
| | | 16:25 | 26,6°C | 7,74 | | |
| | | 16:30 | 26,6°C | 7,74 | | |

SIGLAS USADAS: SMW: Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 22 ed. 2012.

SQ: Método Spectroquant.

(°) Análisis acreditados conforme a la norma COGUANOR NTG/ISO/IEC/17025

| Parámetros | Métodos de Referencia |
|--|---|
| Potencial de hidrógeno (pH), método electrométrico | SMW Met. 4500-H ⁺ B Pág. 4-92 a 4-96 |
| Temperatura | SMW Met. 2550 Pág. 2-69 y 2-70 |

Nota: La reproducción únicamente puede ser total y deberá ser aprobado por **F. Q. B. Laboratorios**.

Los resultados se refieren únicamente a las muestras analizadas.

Cuadro 28A. Reglamento de las descargas y reuso de aguas residuales y de la disposición de lodos *Acuerdo Gubernativo 236-2006 (06/05/2006)*

Artículo 17. **MODELO DE REDUCCIÓN PROGRESIVA DE CARGAS DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO.**

Los entes generadores existentes deberán reducir en forma progresiva la demanda bioquímica de oxígeno de las aguas residuales que descarguen a un **cuerpo receptor**, conforme a los valores y etapas de cumplimiento del cuadro siguiente:

| Etapa | Uno | | | | |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------|----------------|----------------|-----------------|
| Fecha máxima de cumplimiento | Dos de mayo de dos mil once | | | | |
| Duración, años | 5 | | | | |
| Carga, kilogramos por día | 3000≤EG<6000 | 6000≤EG<12000 | 12000≤EG<25000 | 25000≤EG<50000 | 50000≤EG<250000 |
| Reducción porcentual | 10 | 20 | 30 | 35 | 50 |
| Etapa | Dos | | | | |
| Duración, años | 4 | | | | |
| Fecha máxima de cumplimiento | Dos de mayo de dos mil quince | | | | |
| Carga, kilogramos por día | 3000≤EG<5500 | 5500≤EG<10000 | 10000≤EG<30000 | 30000≤EG<50000 | 50000≤EG<125000 |
| Reducción porcentual | 10 | 20 | 40 | 45 | 50 |
| Etapa | Tres | | | | |
| Fecha máxima de cumplimiento | Dos de mayo de dos mil veinte | | | | |
| Duración, años | 5 | | | | |
| Carga, kilogramos por día | 3000≤EG<5000 | 5000≤EG<10000 | 10000≤EG<30000 | 30000≤EG<65000 | |
| Reducción porcentual | 50 | 70 | 85 | 90 | |
| Etapa | Cuatro | | | | |
| Fecha máxima de cumplimiento | Dos de mayo de dos mil veinticuatro | | | | |
| Duración, años | 4 | | | | |
| Carga, kilogramos por día | 3000<EG<4000 | | 4000≤EG<7000 | | |
| Reducción porcentual | 40 | | 60 | | |

EG = carga del ente generador correspondiente, en kilogramos por día.

Cuadro 29A. Artículo 20. Límites máximos permisibles de descargas de aguas residuales a cuerpos receptores. Los límites máximos permisibles de los parámetros para las descargas de aguas residuales a **cuerpos receptores**

| Parámetros | Dimensionales | Valores iniciales | Fecha máxima de cumplimiento | | | |
|------------------------|--|---------------------|------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|
| | | | Dos de mayo de dos mil once | Dos de mayo de dos mil quince | Dos de mayo de dos mil veinte | Dos de mayo de dos mil veinticuatro |
| | | | Etapa | | | |
| | | | Uno | Dos | Tres | Cuatro |
| Temperatura | Grados Celsius | TCR +/- 7 | TCR +/- 7 | TCR +/- 7 | TCR +/- 7 | TCR +/- 7 |
| Grasas y aceites | Miligramos por litro | 1500 | 100 | 50 | 25 | 10 |
| Materia flotante | Ausencia/presencia | Presente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| Sólidos suspendidos | Miligramos por litro | 3500 | 600 | 400 | 150 | 100 |
| Nitrógeno total | Miligramos por litro | 1400 | 100 | 50 | 25 | 20 |
| Fósforo total | Miligramos por litro | 700 | 75 | 30 | 15 | 10 |
| Potencial de hidrógeno | Unidades de potencial de hidrógeno | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 | 6 a 9 |
| Coliformes fecales | Número más probable en cien mililitros | < 1x10 ⁸ | < 1x10 ⁶ | < 1x10 ⁵ | < 1x10 ⁴ | < 1x10 ⁴ |
| Arsénico | Miligramos por litro | 1 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Cadmio | Miligramos por litro | 1 | 0.4 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Cianuro total | Miligramos por litro | 6 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| Cobre | Miligramos por litro | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| Cromo hexavalente | Miligramos por litro | 1 | 0.5 | 0.1 | 0.1 | 0.1 |
| Mercurio | Miligramos por litro | 0.1 | 0.1 | 0.02 | 0.02 | 0.01 |
| Níquel | Miligramos por litro | 6 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| Plomo | Miligramos por litro | 4 | 1 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| Zinc | Miligramos por litro | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| Color | Unidades platino cobalto | 1500 | 1300 | 1000 | 750 | 500 |

TCR = temperatura del cuerpo receptor, en grados

Nombre de la empresa: IRTRA Xocomil y Xetulul
 Fecha de muestreo: 03/07/2016.

Cuadro 30A. Discusión de resultados:

Los resultados obtenidos se comparan con los límites establecidos en el acuerdo gubernativo 236-2006 (06/05/2006), para evaluar su cumplimiento:

| Agua residual ordinaria tomada después de laguna Lixiviados #3 15 P 0649214 UTM 1693013 Altura: 438 m (+) 4 | | No. Lab: 1611490 | | |
|--|--|---|---|---|
| Parámetros | Etapa 1 2011 | Etapa 2 2016 | Etapa 3 2020 | Etapa 4 2024 |
| DQO | No hay normativa | No hay normativa | No hay normativa | No hay normativa |
| DBO (carga) | No cumple con el 10 % de reducción en la carga de DBO que se requiere para la etapa 1 y si cumple con la meta. carga 2008 (0,7) carga 2012 (6,3) | No cumple con el 10 % de reducción en la carga de DBO que se requiere para la etapa 2 y si cumple con la meta. Comparado con datos de carga del 2012 (6,3) | Si se cumple con la meta. Aun no se cuenta con datos para evaluar la reducción. | Si se cumple con la meta. Aun no se cuenta con datos para evaluar la reducción. |
| DBO (concentración) | No hay normativa | No hay normativa | No hay normativa | Si cumple |
| Grasas y aceites | Si cumple | No cumple | No cumple | No cumple |
| Materia flotante | Si cumple | Si cumple | Si cumple | Si cumple |
| Sólidos en suspensión | Si cumple | Si cumple | Si cumple | Si cumple |
| Nitrógeno total | Si cumple | Si cumple | Si cumple | Si cumple |
| Fósforo total | Si cumple | Si cumple | Si cumple | Si cumple |
| Ph | Si cumple | Si cumple | Si cumple | Si cumple |
| Coliformes fecales | Si cumple | Si cumple | No cumple | No cumple |
| Temperatura | Si cumple | Si cumple | Si cumple | Si cumple |
| Color | Si cumple | Si cumple | Si cumple | Si cumple |

Nombre de la empresa: IRTRA/ Retalhuleu
Fecha de muestreo: 03/07/2016

7. **Discusión de resultados de aguas residuales**

En general las aguas residuales presentan niveles de contaminantes (DBO y DQO) bajos, lo que demuestra que las plantas de tratamiento están funcionando adecuadamente.

Se presentan dos casos:

- Agua residual ordinaria, tomada después de planta de tratamiento Casa Administrador
- Agua residual ordinaria tomada después de planta de tratamiento Corozos 3 y 4

Para estas plantas los resultados de DBO y DQO se observan ligeramente elevados, adicional de parámetros como sólidos en suspensión, grasas y aceites y coliformes fecales. Revisar tamaño y diseño de la planta, ver tiempos de retención y mantenimiento en general. Revisar que no se descargue exceso de grasa o sustancias que puedan afectar el funcionamiento de la planta como desinfectantes o químicos. Revisar frecuencia de remoción de sólidos de las plantas.

En las otras plantas de tratamiento se presentan algunos parámetros elevados los cuales se detallan a continuación en el siguiente resumen:

- Salida Laguna Lixiviados y Salida Francia: grasas y aceites y coliformes fecales (la descarga final de Lixiviados no presenta nivel de cloro).
- Salida Casa Ejecutivos, Xocomil, Área Internacional y Corozos 5: grasas y aceites.
- Salida Plaza Chapina: grasas y aceites y nitrógeno total.
- Salida Corozos 1 y 2: coliformes fecales.

8. **Recomendaciones según cada parámetro**

Para las grasas y aceites, parámetro que está afectando a 9 de las 10 salidas evaluadas, planificar la instalación de trampas de grasa, revisar dimensión, diseño y frecuencia de mantenimiento de las trampas instaladas.

En el caso del nitrógeno total evaluar la opción de agregar bacterias degradadoras de nitrógeno a la planta de tratamiento.

Coliformes fecales: Revisar la concentración de cloro y el tiempo de residencia del agua. Recomendamos aumentar los límites de residual de cloro.

Cuadro 31A. Comparación de resultados de todas las salidas de Planta de tratamiento (Agua residual ordinaria) Irttra Xocomil y Xetulul

| PARAMETROS | Corozos 1-2 | Corozos 3-4 | Corozos 5 | Casa Ejecutiva | Casa Administrador | Salida Xocomil | Salida Francia | Salida de laguna de Lixiviados | Salida Internacional | Plaza chapina |
|---|----------------------------|---------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Demanda química de oxígeno (DQO) (°) | 182,0 mg O ₂ /L | 361,0 mg O₂/L | 84,0 mg O ₂ /L | 79,0 mg O ₂ /L | 325,0 mg O₂/L | 198,0 mg O ₂ /L | 73,0 mg O ₂ /L | 170,0 mg O ₂ /L | 254,0 mg O ₂ /L | 104,0 mg O ₂ /L |
| Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) (°) | 130,0 mg O ₂ /L | 210,0 mg O₂/L | 48,0 mg O ₂ /L | 44,0 mg O ₂ /L | 210,0 mg O₂/L | 110,0 mg O ₂ /L | 52,0 mg O ₂ /L | 95,0 mg O ₂ /L | 140,0 mg O ₂ /L | 60,0 mg O ₂ /L |
| Carga de DQO | 12,6 kg/día | 26,3 kg/día | 2,0 kg/día | 4,8 kg/día | 38,6 kg/día | 28,3 kg/día | 6,1 kg/día | 28,6 kg/día | 52,1 kg/día | 7,9 kg/día |
| Carga de DBO | 9,0 kg/día | 15,3 kg/día | 1,1 kg/día | 2,7 kg/día | 24,9 kg/día | 15,7 kg/día | 4,3 kg/día | 16,0 kg/día | 28,7 kg/día | 4,5 kg/día |
| Relación DQO-DBO | 1,4 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,5 | 1,8 | 1,4 | 1,8 | 1,8 | 1,7 |
| Sólidos sedimentables (°) | 0,2 ml/L | 6,0 ml/L | <0,1 ml/L | <0,1 ml/L | 13,0 ml/L | 0,2 ml/L | 0,1 ml/L | <0,1 ml/L | 0,1 ml/L | 0,1 ml/L |
| Materia flotante | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente | Ausente |
| Sólidos en suspensión (°) | 55,0 mg/L | 282,2 mg/L | 11,6 mg/L | 44,4 mg/L | 197,6 mg/L | 94,6 mg/L | 18,4 mg/L | 47,8 mg/L | 34,2 mg/L | 26,4 mg/L |
| Grasas y aceites | 3,0 mg/L | 52,8 mg/L | 17,8 mg/L | 23,0 mg/L | 73,2 mg/L | 51,4 mg/L | 54,6 mg/L | 63,0 mg/L | 56,6 mg/L | 38,4 mg/L |
| Color verdadero | 14,0 Pt/Co | 11,0 Pt/Co | 1,0 Pt/Co | 10,0 Pt/Co | 8,0 Pt/Co | 14,0 Pt/Co | 13,0 Pt/Co | 25,0 Pt/Co | 15,0 Pt/Co | 15,0 Pt/Co |
| Nitrógeno total | 10,4 mg/L | 13,6 mg/L | 15,0 mg/L | 16,0 mg/L | 18,0 mg/L | 3,6 mg/L | 73,0 mg/L | 5,8 mg/L | 19,0 mg/L | 26,0 mg/L |
| Fósforo total | 1,6 mg/L | 1,6 mg/L | 0,6 mg/L | 1,7 mg/L | 2,3 mg/L | 2,1 mg/L | 2,2 mg/L | 1,6 mg/L | 1,7 mg/L | 1,6 mg/L |
| Coliformes fecales (°) | 14000 NMP/100ml | 540000 NMP/100ml | <1,8 NMP/100ml | 3,7 NMP/100ml | 23000 NMP/100ml | <1,8 NMP/100ml | 920000 NMP/100ml | 130000 NMP/100ml | 14 NMP/100ml | <1,8 NMP/100ml |
| Cloro | 1,0 | 5,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | <0,5 | 1,0 | 1,0 |

Nombre de la empresa: Xocomil y Xetulul
Fecha de muestreo: 03/07/2016

Toma de muestreo de laguna lixiviada



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 34A. Fotografía de la laguna lixiviada.

Cuadro 32A. Datos obtenidos de la empresa PRO-VERDE

| Fecha | Código de Material | Nombre de Material | Nombre proveedor | Documento | Placa | Peso Neto (Kg) |
|------------|--------------------|-----------------------------------|------------------|-----------|-----------------|----------------|
| 03/06/2015 | 33050110 | LLANTAS-NEUMATICOS | IRTRA RETALHULEU | 33656 | 173BMD | 1010 |
| 03/06/2015 | 33050210 | RESIDUOS MUNICIPALES CLASIFICADOS | IRTRA RETALHULEU | 33754 | 173BMD | 7460 |
| | | | | | Total Ingresado | 8,470 |
| Fecha | Código de Material | Nombre de Material | Nombre proveedor | Documento | Placa | Peso Neto (Kg) |
| 28/05/2016 | 33050210 | RESIDUOS MUNICIPALES CLASIFICADOS | IRTRA RETALHULEU | 133201 | 173BPG | 12200 |
| | | | | | Total Ingresado | 12,200 |
| Fecha | Código de Material | Nombre de Material | Nombre proveedor | Documento | Placa | Peso Neto (Kg) |
| 01/09/2016 | 33050210 | RESIDUOS MUNICIPALES CLASIFICADOS | IRTRA RETALHULEU | 152385 | 363BPD | 12270 |
| | | | | | Total Ingresado | 12,270 |



Fuente elaboración propia 2,016

Figura 35A. Fotografía del llenado de contenedor de PROVERDE, materiales inertes.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 36A. Fotografía ordenando pacas en el contenedor Proverde



Fuente elaboración propia 2016.

Figura 37A. Fotografía de llenado de contenedor de pacas materiales inertes



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 38A. Fotografía ordenando pacas en el contenedor.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 39A. Fotografía de acarreo de materiales para llenar pacas para Proverde.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 40A. Fotografía de pet compactado según el color de cada material.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 41A. Fotografía de latas de aluminio en bolsas plásticas.



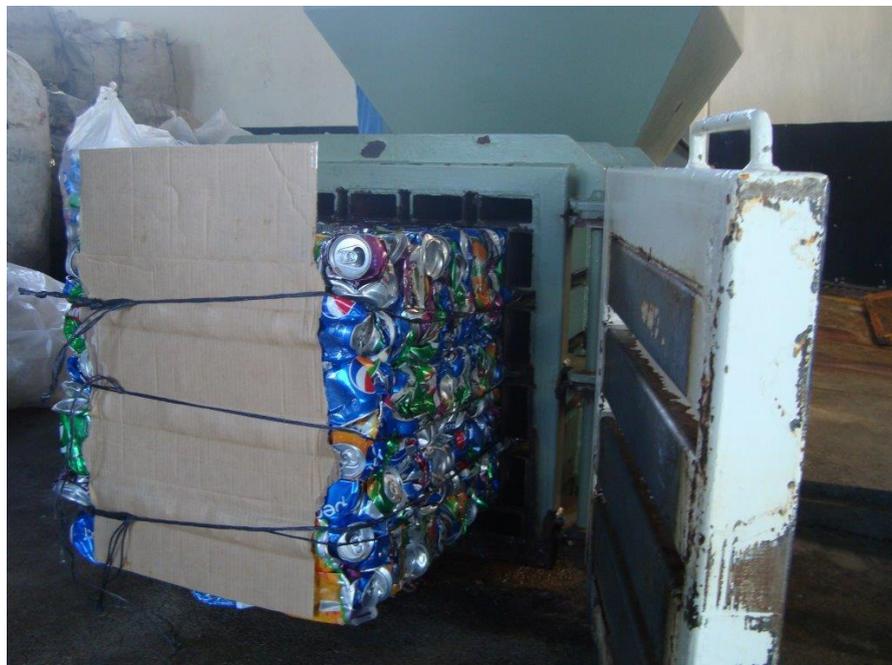
Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 42A. Fotografía de visita de alcalde de San Juan Ixcoy Huehuetenango y delegados de USAID.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 43A. Fotografía en el área de clasificación y selección de basura.



Fuente elaboración propia 2,016.

Figura 44A. Fotografía de latas aluminio compactado en pacas, salida de la compactadora hidráulica.

9. Plan de manejo de desechos sólidos en la ambiental municipal

9.1 Análisis FODA aplicado

El Análisis FODA significa hacer una revisión y análisis general de las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas de la Situación Ambiental Actual del Municipio. Este análisis, idealmente se realiza con representantes de las diferentes zonas, cantones y colonias del Municipio.

Las Fortalezas: Se identifican como las cualidades propias o internas de los sectores representados en el Grupo.

Las Oportunidades: Aquellos factores externos que en algún momento pueden fortalecer las debilidades.

Las Debilidades: Son factores internos, fácilmente reconocibles. Son debilidades todas aquellas fallas de los distintos sectores.

Las Amenazas: Son factores externos, que agudizan o agravan las debilidades y hacen que se pierdan las oportunidades.

9.2 Análisis FODA Aplicado se desarrolla de la siguiente manera

A. Fortalezas de los servicios

Las municipalidades tienen autonomía en sus funciones por lo que se pueden desarrollar diversos esfuerzos para mejorar los servicios.

Existen instrumentos legales que apoyan la gestión municipal por medio del Código Municipal, Código Ambiental, Reglamento de los Desechos Sólidos, Ministerio de Salud, Políticas del MINAE, la Secretaria Técnica Ambiental, Tribunal Administrativo Ambiental, Ley de Aguas, Votos de la Sala IV Constitucional y la misma Constitución Política.

Tiene garantizado un porcentaje de ingresos proveniente de la prestación de los servicios.

Existe un apoyo del Gobierno en la gestión municipal a través del IFAM.

Los miembros del Concejo Municipal y el Alcalde son electos democráticamente para que velen por las necesidades ambientales de los cantones

B. Oportunidad de los servicios

- Se puede reducir los desechos sólidos a nivel de la fuente y origen.
- Establecer políticas educacionales a todo nivel.
- Establecimiento de un programa de reciclaje con la incorporación de la separación de los desechos y clasificación de la misma.
- Actualizar los costos del servicio.
- Investigar metodologías y tecnologías para la industrialización de la basura en general.
- Crear programas adecuados de capacitación al personal del manejo de los desechos sólidos.
- Búsqueda de fuentes de financiamiento interno y externo.
- Organización de las comunidades y del sector productivo industrial.
- Programas de salud dirigidos a la solución de la problemática.
- Sitios de disposición final.
- Involucrar al IFAM en la asesoría de financiamiento de este tipo de proyectos.
- Se reduce la contaminación ambiental.
- Puede realizar convenios con organizaciones nacionales e internacionales para mejorar los servicios de manejo de residuos sólidos.
- Capacidad de inversión (financiamiento)

C. Debilidades de los servicios

- Bajos niveles de profesionalización por falta de capacitación.
- Deficientes sistemas y controles en el cobro de las tarifas de los servicios.
- Alta morosidad en el pago de los servicios.
- Ineficientes sistemas de información.
- Desconocimiento de la normativa vigente.
- Falta de reglamentación para el manejo de desechos sólidos en las municipalidades.
- El manejo de desechos sólidos no es valorado como un sector importante.
- Falta de cultura del manejo de desechos sólidos.

- Falta de la tecnología para la recolección.
- Carencias de políticas y estrategias nacionales y locales en el manejo de los desechos sólidos.
- Factores climáticos y topográficos y geográficos de los cantones.
- Poco apoyo del Gobierno central.
- Alto costo de equipamientos y manejo de los residuos sólidos.
- Conocimiento de los miembros de los concejos municipales sobre la temática de los residuos sólidos, que afecta negativamente en la oportuna toma de decisiones Técnicas.
- Falta de participación de la comunidad.

D. Amenazas de los servicios

El manejo inadecuado de los desechos sólidos atenta contra la salud pública, se favorece la aparición de enfermedades infectocontagiosas, dengue, entre otros.

Contaminación de los recursos naturales: agua, suelo, aire.
Colapso económico municipal.

Desmejora la calidad de vida de los habitantes, afectándose principios legales como el derecho a tener un ambiente sano en armonía con la naturaleza. Desmejora el paisaje (playas, parques nacionales, entre otros) y por lo tanto disminuye el turismo nacional internacional, creando un fuerte impacto en la economía nacional.

Contaminación en general.

Colapso del servicio de recolección de basura por falta del pago oportuno.

La basura es un tema temerario o prohibido para las comunidades, por lo que se oponen a cualquier iniciativa para el manejo de desechos en cualquier cantón.

Burocracia municipal.

Caminos en mal estado. Desastres provocados por el hombre.

10. Análisis de los suelos del IRTRA

Cuadro 33A. Análisis químico de suelo.

| Identificación | pH | Ppm | | Meq/100g | | ppm | | |
|--------------------|-----|--------------|----------------|------------|----------------|------------|------------|--------------|
| | | P | K | Ca | Mg | Cu | Zn | Fe |
| RANGO MEDIO | | 12-16 | 120-150 | 6-8 | 1.5-2.5 | 2-4 | 4-6 | 10-15 |
| 4.1 M-1 | 4.1 | 12.03 | 238 | 11.54 | 2.11 | 0.50 | 4.00 | 6.50 |
| 4.2 M-2 | | 7.70 | 155 | 9.98 | 2.88 | 3.00 | 3.50 | 10.00 |

Fuente: Elaborado por la FAUSAC, 2014.

El cuadro anterior demuestra los resultados obtenidos del análisis de suelo en el laboratorio de la Facultad de Agronomía (FAUSAC), de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La identificación corresponde M-1 para la muestra de suelo con compost, y M-2 para la muestra empleada como testigo.

Cuadro 34A. Comparación entre las diferentes muestras de suelo del IRTRA

| Lugar | Tipo | pH/T°C | Densidad Real (g/cm ³) | Densidad Aparente (g/cm ³) | Reflectancia Radiométrica Promedio | | |
|--------------|-------------|------------|------------------------------------|--|------------------------------------|-------|------|
| | | | | | Rojo | Verde | Azul |
| Los Hostales | Con Compost | 6.032/26.9 | 1.6125 | 1.0428 | 80 | 53 | 39 |
| | Sin Compost | 6.085/26.9 | 1.1625 | 1.0873 | 124 | 91 | 69 |
| Xetulul | Con Compost | 5.9/26.7 | 1.4767 | 1.0086 | 64 | 38 | 36 |
| | Sin Compost | 6.077/26.7 | 1.4833 | 1.0725 | 102 | 65 | 53 |
| Xocomil | Con Compost | 5.8/26.7 | 1.6769 | 1.0135 | 74 | 43 | 31 |
| | Sin Compost | 6.315/26.7 | 1.5313 | 0.9686 | 87 | 55 | 48 |
| Xejuyup | Con Compost | 6.1/26.2 | 1.2333 | 0.9393 | 70 | 44 | 37 |
| | Sin Compost | 5.9/26.8 | 1.5846 | 0.9412 | 99 | 62 | 50 |

Fuente elaborada por D.G.,. 2,014

Categorizado:

1. Xetulul + Xejuyup. (Con Compost).
2. Xocomil + Los Hostales. (Con Compost).
3. Xetulul + Xejuyup (Sin Compost).
4. Xocomil. (Sin Compost).

5. Los Hostales (Sin compost)

Discusión: Mediante la relación existente entre el pH, la densidad real y aparente, al igual que la reflectancia resultante (color), el categorizado de las muestras debe ser de cinco, tomando en consideración la reclasificación de la muestra sin compost de Xocomil, dentro de la categorización de las de Xetulul y Xejuyup del mismo tipo, puesto que aún conserva ciertas similitudes dentro de las mismas.

En el cuadro anterior, se puede observar la cantidad de macronutrientes y micronutrientes presentes en un m² de suelo del IRTRA, según la relación con la profundidad que éste posea.

Cuadro 35A. Disposición de macronutrientes y micronutrientes por m² de suelo.

| Profundidad (m) | Tipo de Suelo | Macronutrientes | | | | Micronutrientes | | |
|-----------------|---------------|-----------------|---------|----------|----------|-----------------|--------|--------|
| | | P | K | Ca | Mg | Cu | Zn | Fe |
| 0.1 | Con compost | 1.20 g | 23.80 g | 346.86 g | 38.47 g | 50 mg | 400 mg | 650 mg |
| | Testigo | 0.77 g | 15.50 g | 299.97 g | 52.51 g | 300 mg | 350 mg | 1 g |
| 0.2 | Con compost | 2.41 g | 47.60 g | 693.72 g | 76.94 g | 100 mg | 800 mg | 1.30 g |
| | Testigo | 1.54 g | 31 g | 599.94 g | 105.02 g | 600 mg | 700 mg | 2 g |
| 0.3 | Con compost | 3.61 g | 71.40 g | 1.04 kg | 115.41 g | 150 mg | 1.20 g | 1.95 g |
| | Testigo | 2.31 g | 46.50 g | 899.91 g | 157.53 g | 900 mg | 1.05 g | 3 g |

Fuente: elaborado por D.G.R, 2,014.

En el cuadro anterior se puede observar que los miligramos (mg) de Fósforo y Zinc representados en un kg de suelo, aumenta en relación a los suelos testigos (sin compost), tomando en cuenta que el fósforo es un macronutriente que favorece al crecimiento de la planta y el fortalecimiento de sus raíces, el aumento del mismo en el suelo da como resultado una ventaja de aplicación del compost al suelo.

Discusión: Al comparar la cantidad de Potasio y de Fósforo entre la muestra de suelo con compost y el testigo, la gráfica demuestra claramente que en ambos casos, estos dos macronutrientes se encuentran en mayor cantidad en los suelos a los que si se les ha aplicado compost.

Mientras que en el cuadro correspondiente, demuestra que solamente el Cobre, Hierro y Manganeso, la muestra de suelo con compost representa un déficit al compararla con la muestra testigo.

Discusión: Según Sánchez, (_Javier), el valor adecuado de pH para la mayoría de las plantas, está comprendido entre un valor de 5.5 a 7.5; en este caso, el rango de pH de los suelos con compost y los testigos, del área de Xetulul, Xocomil, Xejuyup y Los Hostales del IRTRA, se encuentra entre 5.8 – 6.1 para suelos con compost, y entre 5.9 y 6.315 con los suelos testigos, lo que se comprende como un suelo con pH adecuado o normal para la adquisición de nutrientes por parte de las plantas. (19).

Según el documento de Reacción de Suelos, propone que “donde las precipitaciones son intensas se produce un lavado de bases en el suelo, y por percolación se van llevando los elementos que le dan alcalinidad, tendiendo el suelo a la acidez. En zonas áridas, no existen lavados y los suelos son alcalinos.” Determinado que la cantidad de precipitación pluvial en la zona va desde la acidez de los suelos ha aumentado, aunque sin consideraciones extremas de alcalinizar éstos.

Discusión: El Calcio y el Magnesio son variables al comparar el suelo con aplicación de compost y el testigo. Tal como se observa en la gráfica, el calcio representa mayor mili equivalentes para el suelo con compost, con un valor de 11.54 por cada 100 g de suelo; mientras que el Magnesio representa sólo un valor de 2.11 meq/100 g de suelo con compost. Los valores del suelo testigo van de 9.98 meq de calcio y 2.88 meq de magnesio por cada 100 g del mismo.

Las comparaciones entre el Calcio y Magnesio presente en la muestra de suelo con compost y el testigo, permiten observar la poca significancia que representa la aplicación de compost al suelo en cualquiera de las áreas del IRTRA.

11. Análisis de compost del IRTRA

Cuadro 36A. Análisis de compost en maduración

| IDENT | pH | mS /cm C.E. | % | | | | Ppm | | | | | % | |
|-------|-----|----------------|------|------|------|------|-----|----|------|-----|------|------|------|
| | | | P | K | Ca | Mg | Cu | Zn | Fe | Mn | Na | C.O | NT |
| M-3 | 8.1 | 9380.0 | 0.32 | 0.63 | 3.19 | 0.27 | 15 | 70 | 2125 | 110 | 3000 | 29.0 | 2.34 |

Fuente: elaborado por D.G.R, 2014.

La proporción utilizada para la elaboración del sustrato que se aplica a los suelos de jardinería, comprendió 12 carretadas de tierra negra, cinco carretadas de piedra poma triturada y siete carretadas de broza (compost). Con la proporción especificada anteriormente, se obtiene un volumen de 1.254 m³, tomando en cuenta que en cada carretada su volumen se aproxima a 52.25 (dm³), que es igual a 0.05225 m³/carreta.

En el cuadro anterior se observa que la cantidad de broza o compost que se aplica en la proporción del sustrato para jardinería del IRTRA es de 29.17 %, con un 20.83 % de piedra poma triturada y el resto que corresponde al 50 % es de tierra negra.

Cada proporción que se elabora cuenta con 0.627 m³ de tierra negra, 0.26125 m³ de piedra poma triturada, y 0.36575 m³ de broza; para un volumen total de 1.254 m³ como se especificaba anteriormente.

Dependiendo del clima, se elaboran por día entre ocho y diez proporciones de similar volumen al que se especifica en el párrafo anterior. Lo que da como resultado por día un total de 10.032 a 12.54 m³ de sustrato para abonar la jardinería del IRTRA.

En el siguiente cuadro se observa el área de jardinería que se abarca con la producción por día de sustrato de tierra con broza y poma:

Cuadro 37A. Producción de sustrato con abono

| Profundidad (m) | Metros cuadrados | Área Media (m ²) |
|-----------------|------------------|------------------------------|
| 0.1 | 100.32 - 125.40 | 112.86 |
| 0.2 | 50.16 - 62.7 | 56.43 |
| 0.3 | 33.44 - 41.8 | 37.62 |

Fuente: elaborado por D.G.R, 2014.

Cada proporción de 24 carretadas permite abonar un área la cual se especifica en el siguiente

Cuadro 38A. Área que abarca cada proporción de sustrato abonado

| Profundidad (m) | Área Abarcada (m ²) |
|-----------------|---------------------------------|
| 0.1 | 12.54 |
| 0.2 | 6.27 |
| 0.3 | 4.18 |

Fuente: elaborado por D.G.R, 2014

El compost elaborado en el IRTRA, según cálculos empleados por el autor, posee una densidad aparente de 0.4960 lb/dm³; que representado de otra forma corresponde a 0.2255 kg/dm³.

La cantidad de broza o compost utilizado en la elaboración de una proporción de 24 carretadas de sustrato para abonar la jardinería del IRTRA, es de 365.75 dm³, que mediante la relación con la densidad de éste, se puede obtener que son 181.412 lb de compost los que se aplican por cada proporción elaborada.

Mediante estos cálculos se elaboró el siguiente cuadro:

Cuadro 39A-. Cantidad de broza por metro cuadrado de suelo

| Profundidad (m) | Libras de compost/m ² |
|-----------------|----------------------------------|
| 0.1 | 14.47 |
| 0.2 | 28.93 |
| 0.3 | 43.4 |

Fuente: elaborado por D.G.R. 2014.

El cuadro anterior corresponde a la demostración de la cantidad de compost presente por unidad de área abarcada (m²), según la relación con una profundidad específica.

Según los análisis químicos, el porcentaje de fósforo y potasio es mayor para el abono “Mi Orgánico”, representado principalmente por los elementos utilizados en la elaboración de ambos, ya que los elementos utilizados en la elaboración de este último, son a partir de los residuos orgánicos de la población que reside en el lago de Amatitlán, y tomando en cuenta que la mayoría de personas tienden a consumir muchos alimentos (frutas y verduras) que son tratados con fertilizantes, las propiedades químicas de estos elementos pasan a formar parte de éste. Mientras

que el abono elaborado en el IRTRA cambia el tipo de residuos, aun siendo éstos de restos de comida, son alimentos que conservan poco fósforo y potasio.

El nitrógeno total es el único macronutriente del compost del IRTRA que supera en porcentaje al compost "Mi Orgánico", con aproximadamente el doble (1.95 veces más).

Partiendo de la cantidad de Fósforo (P), Potasio (K) y Nitrógeno (N) que la gráfica de la figura 32 nos demuestra, que el Fósforo se presenta 2.19 veces más en el compost "Mi Orgánico" en relación al abono del IRTRA, 1.43 veces más de Potasio, y 0.51 veces de nitrógeno en relación al abono del IRTRA; que en promedio, el compost "Mi Orgánico" posee 1.38 veces más macronutrientes que el compost del IRTRA.

12. Aplicación de compost por unidad de área

Según lo que se recomienda en el empaque del compost "Mi Orgánico", la cantidad de lb que se aplica por m² para calzado, es 4 lb unas dos o tres veces por año.

Tomando en consideración la recomendación anterior de tres aplicaciones por año, son en total 12 lb de compost "Mi Orgánico"/m²; sin embargo, para asemejar los macronutrientes presenten en el compost "Mi Orgánico" con el del IRTRA, (cuadro 40A).

Cuadro 40A. Aplicación de Compost.

| Tipo de Compost | Aplicación al suelo/año | Aplicación al suelo/6 meses |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|
| Mi Orgánico | 12 lb/m ² | 6 lb/m ² |
| IRTRA | 16.56 lb/m ² | 8.28 lb/m ² |

De esta forma se estarían presentando similar cantidad de macronutrientes en el suelo, sin importar el tipo de compost que se estaría empleando.

Según el cuadro anterior, en un área de 1 m² y una profundidad de 0.10 m, actualmente se aplica 14.47 lb de compost, para una profundidad de 0.20 m se aplica 28.93 lb, y para una profundidad de 0.30 se aplica 43.4 lb.

Dependiendo de la profundidad y de los resultados planteados en el cuadro anterior, se tendría que reducir el compost de la siguiente forma, al momento de elaborar las proporciones de sustratos:

Cuadro 41A. Profundidad de sustratos

| Profundidad (m) | Porcentaje de Reducción | Proporción de 24 carretadas |
|-----------------|-------------------------|-----------------------------|
| 0.1 | 42.78 % | 3 carretadas |
| 0.2 | 71.38 % | 5 carretadas |
| 0.3 | 80.92 % | 5.66 carretadas |

Fuente elaborada por D.G.R. 2,014.

Cuadro 42A. Mezcla composición de las proporciones

| Profundidad (m) | Factor | Broza | Tierra Negra | Poma |
|------------------------|---------------|--------------|---------------------|-------------|
| 0.1 | Carretadas | 4 | 15 | 5 |
| | Porcentaje | 16.67 % | 62.50 % | 20.83 % |
| 0.2 | Carretadas | 2 | 17 | 5 |
| | Porcentaje | 8.33 % | 70.83 % | 20.83 % |
| 0.3 | Carretadas | 1.34 | 17.66 | 5 |
| | Porcentaje | 5.58 % | 73.58 % | 20.83 % |

Fuente elaborada por D.G.R. 2,014.

En el cuadro anterior se visualiza que la cantidad de Poma se conserva, variando de esta forma sólo las cantidades de la tierra negra y la broza.

Nota. Esta propuesta es establecida en base a lo especificado en el empaque del compost “Mi Orgánico”. Y según los análisis de suelo del IRTRA, las prácticas que se han implementado hasta el momento han arrojado buenos resultados, y variar la dosificación podría disminuir la calidad del suelo que con el que actualmente se cuenta para jardinería.

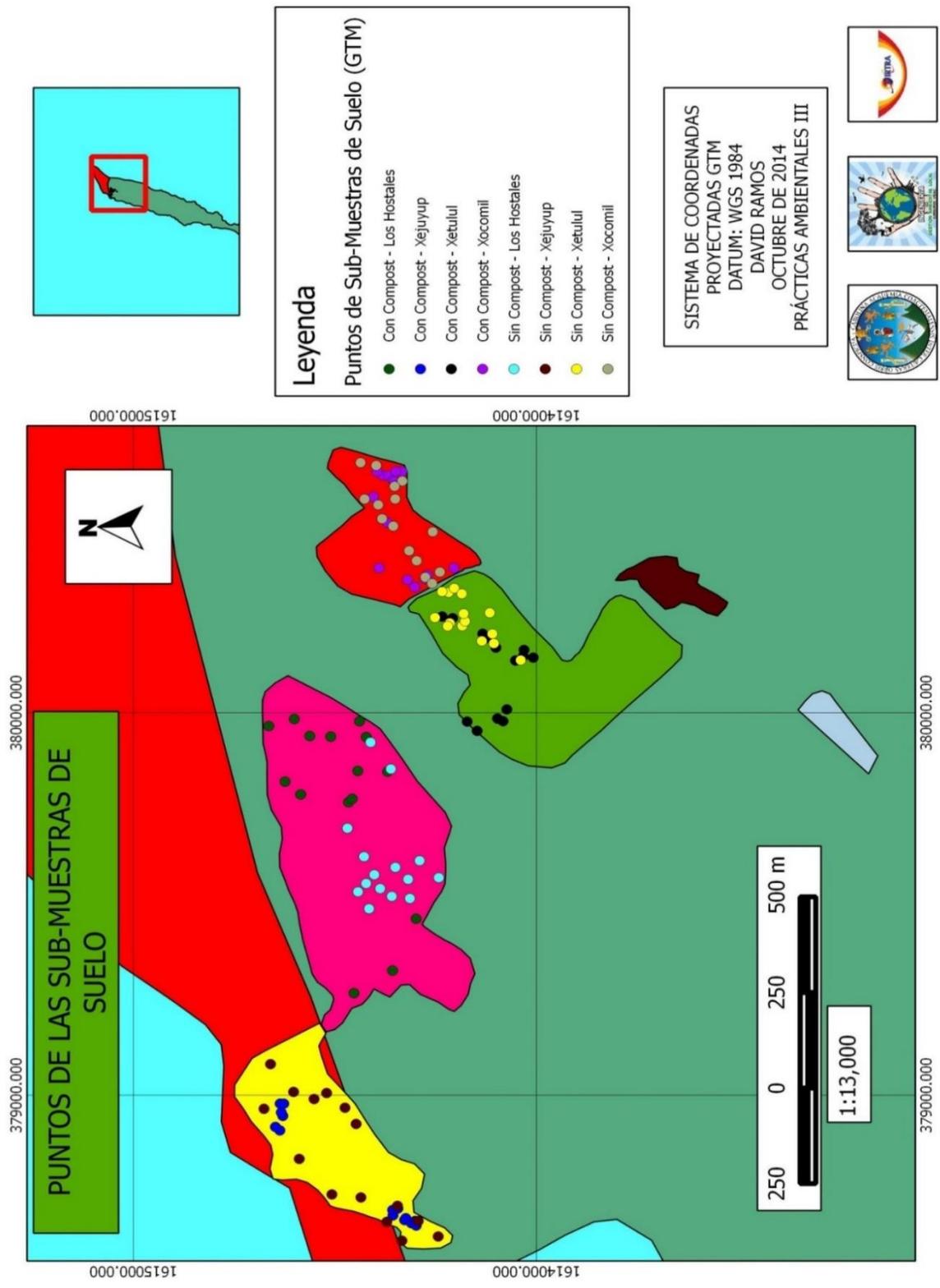


Figura 45A. Mapa de los puntos de las sub-muestras de suelo del IRTRA.

13. La gestión adecuada de los desechos sólidos

En los países altamente desarrollados, la separación de la basura es parte de la cultura cívica de sus habitantes. Esto, lo asumen más que una obligación, un beneficio para el goce del recurso energético que los desechos poseen.

Los desechos sólidos tienen la particularidad de ser un recurso energético, el 96% se recicla o en su defecto se lleva a las plantas de incineración, convirtiéndose en electricidad y calefacción. Al relleno les llega un 10% de lo que se produce en la planta.

La clave de cualquier sistema de gestión de desechos sólidos se basa en la cultura de separar los desperdicios como un hábito o como un acto reflejo. Para ello ha sido necesario dotar de varios contenedores según las particularidades de dichas necesidades. Por ejemplo: orgánicos, metales, pilas, vidrios de color, vidrios transparentes, plástico duro, plástico blando, cartón y tetra pack, papeles, periódicos, revistas, desperdicios eléctricos y electrónicos (electrodomésticos).

En la gestión de los desechos sólidos, es importante tomar en consideración los siguientes términos: de los 4 RRRR.

- 1. Rechace:** Cada vez que consuma un producto o servicio, sea prudente y tenga conciencia al consumir o utilizar el servicio, si produce más impacto que beneficio, rechazo o no lo utilice; sea responsable en el uso del producto, no desperdicie o abuse en el uso.
- 2. Reduzca:** Similar al término anterior pero al utilizar un producto o servicio, usted necesaria o innecesariamente producirá un desecho, en la medida que Usted como consumidor reduzca el consumo del producto o servicio, también reducirá sus desechos.
- 3. Reutilización:** Cuando se ha utilizado un servicio o producto, ese remanente o ese producto tiene la oportunidad de reutilizarse; aproveche al máximo su reutilización para evitar utilizar un nuevo producto.
- 4. Reciclaje:** Es el aprovechamiento del envase, embalaje o producto que tiene la característica de ser aprovechado para su conversión industrial, siempre y cuando no se haya contaminado. Quizás este término se haya hecho más popular, sin embargo en la cadena de prioridades del consumidor aprenda a: Rechazar, reducir, reutilizar y si no; pues aproveche las características del producto para su reciclaje.

Existen varias razones para fomentar el reciclaje:

Una tonelada de plástico, equivale a 12 barriles de petróleo

Reciclar 1 t de papel, equivale a salvar 17 árboles

Reciclar disminuye la contaminación

Es la forma más sencilla de evitar el calentamiento global

Genera fuentes de empleo

En el caso del papel, por cada tonelada de papel reciclado, se ahorran 35 gal de combustible, lo suficiente para recorrer 1,400 km. en un carro.

14. Gestión de los desechos sólidos en IRTRA – Retalhuleu

1. La generación de los desechos se generan en alta cantidad en las áreas de procesamiento de alimentos, venta de los mismos, bodegas, tiendas y comedor de empleados; asimismo, los desechos también son generados en las áreas donde concurren nuestros visitantes. De lo anterior se puede observar que solo en pocas áreas existen recipientes (puntos limpios) en donde pueden separarse dichos desechos (orgánicos e inorgánicos) y en donde existen ya no se cumplen dichas prácticas que antes eran exigentes. En muchas áreas es necesaria la implementación de depósitos para separar los desechos. Es de hacer mención que las empresas sostenibles hacen del hábito de la separación de la basura una cultura y parte de su programa de responsabilidad social empresarial, por tanto es una obligación y que trasciende en un beneficio, en algunos países estos desechos separados son aprovechados como recurso energético. En este punto del inicio de la gestión de los desechos, considero que es una de nuestras principales debilidades, por lo que la clave de cualquier sistema de gestión de desechos sólidos se basa en la cultura de la separación de los desperdicios como un hábito o como un acto de reflejo. Por lo antes mencionado es necesario dotar de los contenedores según las necesidades: Orgánicos, metales, pilas, vidrios de distinto color, plásticos duros, plásticos blandos, cartón, tetra pack, papeles, periódicos, revistas, desperdicios eléctricos y electrónicos.

2. Transporte, en esta actividad se realiza cada vez que las operaciones culminan y en algunos casos se inicia el traslado de dichos desechos en horas de la tarde y noche del mismo día. Sin embargo, al siguiente día, ocurren algunas actividades que se consideran prioritarias y en algunas oportunidades la basura se almacena y tarda en hacerse llegar a las instalaciones de la planta. Es imprescindible no almacenar los desechos, dado que estos originan mal olor, lixiviados y atraen plagas; en la medida de lo posible deben trasladarse de forma inmediata para su posterior tratamiento.

3. Tratamiento de manejo adecuado, desde que inicio las operaciones, el suscrito implemento una capacitación en el manejo de los desechos y el mismo dejó de realizarse confiando en que la mayoría de nuestras jefaturas y gerencias dieran seguimiento a dichas prácticas. A la fecha, la planta se ha constituido en una planta piloto que ha sido visitada desde estudiantes de Maestrías hasta de nivel primario, asimismo Municipalidades, entidades de gobierno y empresas que inician a gestionar sus desechos; por lo que se considera algo digno.



Instituto de Recreación de los Trabajadores
De la Empresa Privada de Guatemala
Area Vacacional Trapotitlán
Km. 180.5 Carretera C-A9 PBX: 7722-9100 y 7722-9200 Fax: 7722-5712

COSTO DE FERTILIZANTE QUIMICO EN JARDINES DEL IRTRA AÑO 2,000 – 2,005

AREA HOSTALES

| CNT. | PRODUCTO | PRECIO U. | TOTAL | OBS. |
|---------|--------------------------------|-----------|-----------|---|
| 180 qq. | Fertilizante Nitrato de amonio | Q. 180.00 | Q. 32,400 | Se aplicaba a grama San Agustín, utilizando 1 onz. X 1 mt ² , fertilizando 3 veces al año. |
| 45 qq. | Fertilizante Blankorn | Q. 490.00 | Q. 22,050 | Se aplicaba a jardines, 3 aplicaciones al año. |
| | Total: | | Q. 54,440 | |

AREA XOCOMIL:

| CNT. | PRODUCTO | PRECIO U. | TOTAL | OBS. |
|--------|--------------------------------|-----------|-----------|---|
| 96 qq. | Fertilizante Nitrato de amonio | Q. 180.00 | Q. 17,280 | Se aplicaba a grama San Agustín, 3 aplicaciones por año |
| 45 qq. | Fertilizante Blankorn | Q. 490.00 | Q. 22,050 | Se aplicaba a jardines, 3 aplicaciones al año. |
| | Total: | | Q. 39,330 | |

AREA XETULUL

| AREA | PRODUCTO | PRECIO U. | TOTAL | OBS. |
|--------|--------------------------------|-----------|--------------|---|
| 60 qq. | Fertilizante Nitrato de amonio | Q. 180.00 | Q. 10,800 | Se aplicaba a grama San Agustín, 3 aplicaciones al año. |
| 45 qq. | Fertilizante Blankorn | Q. 490.00 | Q. 22,050 | Se aplicaba a jardines, 3 veces al año. |
| | Total: | | Q. 32,850.00 | |

Q. 126,620.00

Informe adicional: a principios del año 2,006 se inicio con la aplicación de COMPOST aplicando al pie de la planta, reduciendo costos, actualmente utilizamos agroquimicos solo a plantas hibridas y cultivo de maiz, plantas de ciclo corto que requieren de fertilizantes ligeros como triple 15, urea y blankorn. Actualmente el costo de agroquimicos que utilizamos es de Q. 32,000.00

Si no existiera la planta de tratamiento de desechos sólidos los gastos de agroquimicos estuvieran en un costo de Q. 195,390.00 . con los precios cotizados actualmente.

precio actual de fertilizante nitrato de amonio. Q. 280.00 u.

Precio actual de fertilizante blankorn. Q. 850.00 u.

Sergio Romero
Enc. Depto. De Jardinización.

Fuente de IRTRA 2,005.

Figura 46A. Fotografía de cotización del costo de fertilizantes químicos del IRTRA, 2005.

Cuadro 43A. Coordenadas de los puntos sub-muestras de suelo del IRTRA

| X – UTM | Y - UTM | ID | X - GTM | Y - GTM | ALTITUD | TIPO | ÁREA |
|----------------|----------------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|
| 649562 | 1614075 | 1 | 380255 | 1614233 | 468 | Con Compost | Xetulul |
| 649558 | 1614049 | 2 | 380251 | 1614207 | 466 | Con Compost | Xetulul |
| 649518 | 1613974 | 3 | 380211 | 1614132 | 469 | Con Compost | Xetulul |
| 649507 | 1613961 | 4 | 380200 | 1614119 | 464 | Con Compost | Xetulul |
| 649482 | 1613941 | 5 | 380175 | 1614099 | 461 | Con Compost | Xetulul |
| 649449 | 1613892 | 6 | 380142 | 1614050 | 473 | Con Compost | Xetulul |
| 649460 | 1613873 | 7 | 380153 | 1614031 | 462 | Con Compost | Xetulul |
| 649457 | 1613848 | 8 | 380150 | 1614006 | 459 | Con Compost | Xetulul |
| 649477 | 1613871 | 9 | 380170 | 1614029 | 470 | Con Compost | Xetulul |
| 649321 | 1613912 | 10 | 380014 | 1614070 | 469 | Con Compost | Xetulul |
| 649290 | 1613921 | 11 | 379983 | 1614079 | 470 | Con Compost | Xetulul |
| 649296 | 1613934 | 12 | 379989 | 1614092 | 465 | Con Compost | Xetulul |
| 649297 | 1613935 | 13 | 379990 | 1614093 | 464 | Con Compost | Xetulul |
| 649288 | 1614010 | 14 | 379981 | 1614168 | 469 | Con Compost | Xetulul |
| 649264 | 1613985 | 15 | 379957 | 1614143 | 464 | Con Compost | Xetulul |
| 649450 | 1613879 | 16 | 380143 | 1614037 | 462 | Sin Compost | Xetulul |
| 649538 | 1614025 | 17 | 380231 | 1614183 | 455 | Sin Compost | Xetulul |
| 649550 | 1614018 | 18 | 380243 | 1614176 | 462 | Sin Compost | Xetulul |
| 649570 | 1614022 | 19 | 380263 | 1614180 | 458 | Sin Compost | Xetulul |
| 649545 | 1614056 | 20 | 380238 | 1614214 | 466 | Sin Compost | Xetulul |
| 649537 | 1614061 | 21 | 380230 | 1614219 | 489 | Sin Compost | Xetulul |
| 649625 | 1614060 | 22 | 380318 | 1614218 | 467 | Sin Compost | Xetulul |
| 649627 | 1614076 | 23 | 380320 | 1614234 | 469 | Sin Compost | Xetulul |
| 649636 | 1614046 | 24 | 380329 | 1614204 | 471 | Sin Compost | Xetulul |
| 649622 | 1614027 | 25 | 380315 | 1614185 | 463 | Sin Compost | Xetulul |
| 649573 | 1613957 | 26 | 380266 | 1614115 | 463 | Sin Compost | Xetulul |
| 649518 | 1613950 | 27 | 380211 | 1614108 | 463 | Sin Compost | Xetulul |
| 649493 | 1613946 | 28 | 380186 | 1614104 | 469 | Sin Compost | Xetulul |

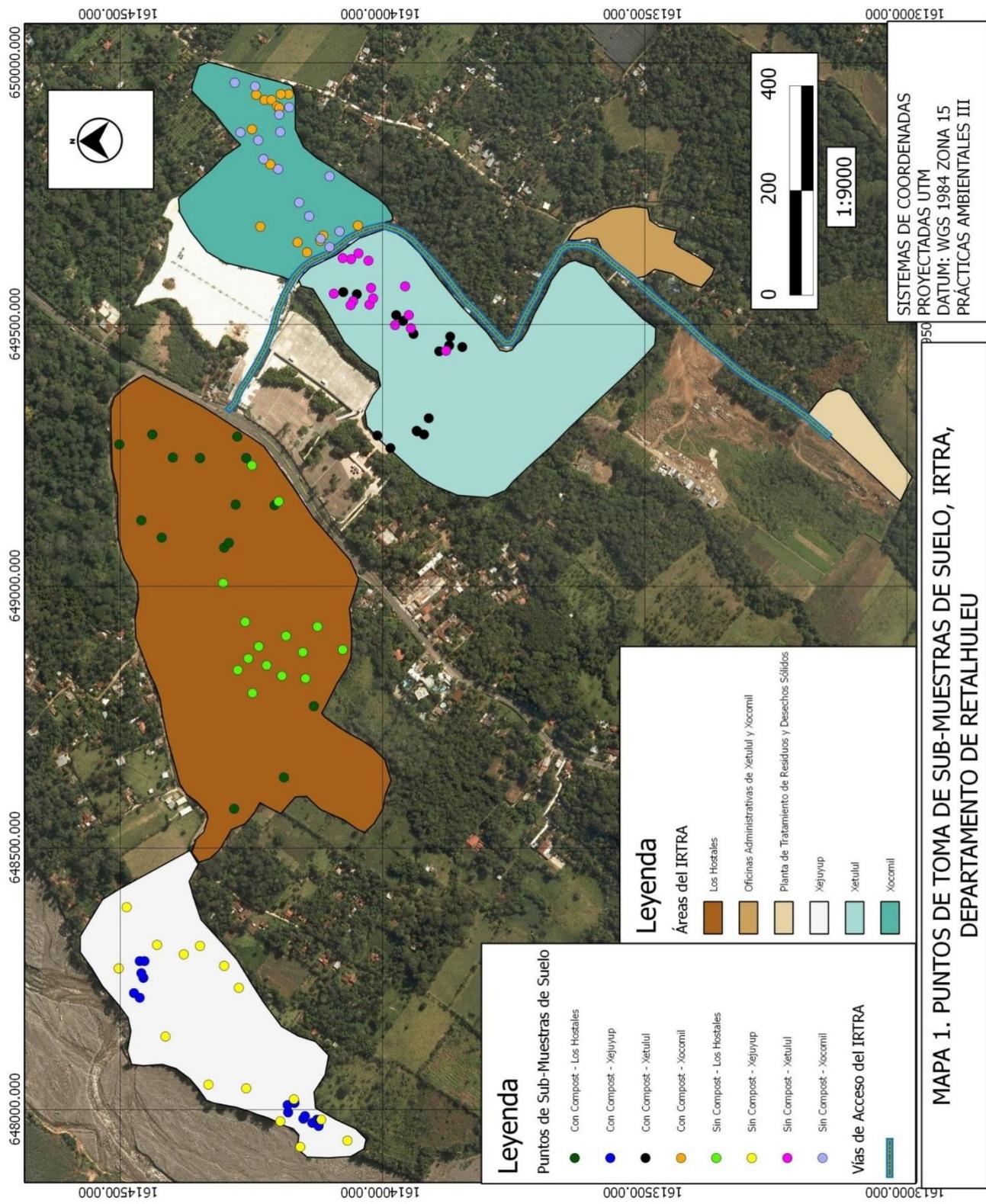
| | | | | | | | |
|---------------|---------|----|--------|---------|-----|----------------|---------|
| 649499 | 1613976 | 29 | 380192 | 1614134 | 465 | Sin Compost | Xetulul |
| 649559 | 1614093 | 30 | 380252 | 1614251 | 509 | Sin Compost | Xetulul |
| 649806 | 1614214 | 31 | 380499 | 1614372 | 476 | Con Compost | Xocomil |
| 649929 | 1614225 | 32 | 380622 | 1614383 | 472 | Con Compost | Xocomil |
| 649929 | 1614212 | 33 | 380622 | 1614370 | 476 | Con Compost | Xocomil |
| 649917 | 1614201 | 34 | 380610 | 1614359 | 487 | Con Compost | Xocomil |
| 649914 | 1614197 | 35 | 380607 | 1614355 | 488 | Con Compost | Xocomil |
| 649940 | 1614179 | 36 | 380633 | 1614337 | 481 | Con Compost | Xocomil |
| 649940 | 1614194 | 37 | 380633 | 1614352 | 481 | Con Compost | Xocomil |
| 649939 | 1614241 | 38 | 380632 | 1614399 | 471 | Con Compost | Xocomil |
| 649873 | 1614249 | 39 | 380566 | 1614407 | 474 | Con Compost | Xocomil |
| 649670 | 1614113 | 40 | 380363 | 1614271 | 458 | Con Compost | Xocomil |
| 649660 | 1614119 | 41 | 380353 | 1614277 | 462 | Con Compost | Xocomil |
| 649657 | 1614162 | 42 | 380350 | 1614320 | 469 | Con Compost | Xocomil |
| 649638 | 1614144 | 43 | 380331 | 1614302 | 464 | Con Compost | Xocomil |
| 649687 | 1614233 | 44 | 380380 | 1614391 | 460 | Con Compost | Xocomil |
| 649689 | 1614047 | 45 | 380382 | 1614205 | 475 | Con Compost | Xocomil |
| 649707 | 1614140 | 46 | 380400 | 1614298 | 468 | Sin Compost | Xocomil |
| 649733 | 1614159 | 47 | 380426 | 1614317 | 459 | Sin Compost | Xocomil |
| 649797 | 1614199 | 48 | 380490 | 1614357 | 483 | Sin Compost | Xocomil |
| 649816 | 1614227 | 49 | 380509 | 1614385 | 487 | Sin Compost | Xocomil |
| 649867 | 1614271 | 50 | 380560 | 1614429 | 484 | Sin Compost | Xocomil |
| 649962 | 1614282 | 51 | 380655 | 1614440 | 474 | Sin Compost | Xocomil |
| 649955 | 1614243 | 52 | 380648 | 1614401 | 468 | Sin Compost | Xocomil |
| 649915 | 1614178 | 53 | 380608 | 1614336 | 468 | Sin Compost | Xocomil |
| 649901 | 1614197 | 54 | 380594 | 1614355 | 480 | Sin Compost | Xocomil |
| 649868 | 1614195 | 55 | 380561 | 1614353 | 471 | Sin Compost | Xocomil |
| 649852 | 1614237 | 56 | 380545 | 1614395 | 465 | Sin Compost | Xocomil |
| 649783 | 1614101 | 57 | 380476 | 1614259 | 471 | Sin Compost | Xocomil |
| 649664 | 1614118 | 58 | 380357 | 1614276 | 464 | Sin Compost | Xocomil |
| 649678 | 1614082 | 59 | 380371 | 1614240 | 468 | Sin Compost | Xocomil |

| | | | | | | | |
|---------------|---------|----|--------|---------|-----|-------------|--------------|
| 649648 | 1614101 | 60 | 380341 | 1614259 | 464 | Sin Compost | Xocomil |
| 648575 | 1614283 | 61 | 379268 | 1614441 | 452 | Con Compost | Los Hostales |
| 648635 | 1614188 | 62 | 379328 | 1614346 | 433 | Con Compost | Los Hostales |
| 648771 | 1614131 | 63 | 379464 | 1614289 | 448 | Con Compost | Los Hostales |
| 649271 | 1614502 | 64 | 379964 | 1614660 | 473 | Con Compost | Los Hostales |
| 649290 | 1614439 | 65 | 379983 | 1614597 | 463 | Con Compost | Los Hostales |
| 649246 | 1614400 | 66 | 379939 | 1614558 | 471 | Con Compost | Los Hostales |
| 649286 | 1614277 | 67 | 379979 | 1614435 | 469 | Con Compost | Los Hostales |
| 649245 | 1614260 | 68 | 379938 | 1614418 | 459 | Con Compost | Los Hostales |
| 649245 | 1614348 | 69 | 379938 | 1614506 | 469 | Con Compost | Los Hostales |
| 649126 | 1614460 | 70 | 379819 | 1614618 | 472 | Con Compost | Los Hostales |
| 649093 | 1614421 | 71 | 379786 | 1614579 | 463 | Con Compost | Los Hostales |
| 649074 | 1614302 | 72 | 379767 | 1614460 | 475 | Con Compost | Los Hostales |
| 649083 | 1614293 | 73 | 379776 | 1614451 | 462 | Con Compost | Los Hostales |
| 649156 | 1614280 | 74 | 379849 | 1614438 | 458 | Con Compost | Los Hostales |
| 649155 | 1614206 | 75 | 379848 | 1614364 | 468 | Con Compost | Los Hostales |
| 649231 | 1614249 | 76 | 379924 | 1614407 | 471 | Sin Compost | Los Hostales |
| 649162 | 1614198 | 77 | 379855 | 1614356 | 466 | Sin Compost | Los Hostales |
| 649006 | 1614304 | 78 | 379699 | 1614462 | 451 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648932 | 1614262 | 79 | 379625 | 1614420 | 439 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648905 | 1614184 | 80 | 379598 | 1614342 | 451 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648923 | 1614124 | 81 | 379616 | 1614282 | 454 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648879 | 1614076 | 82 | 379572 | 1614234 | 456 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648824 | 1614147 | 83 | 379517 | 1614305 | 449 | Sin Compost | Los Hostales |

| | | | | | | | |
|---------------|---------|-----|--------|---------|-----|-------------|--------------|
| 648874 | 1614152 | 84 | 379567 | 1614310 | 457 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648829 | 1614192 | 85 | 379522 | 1614350 | 456 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648849 | 1614221 | 86 | 379542 | 1614379 | 457 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648796 | 1614248 | 87 | 379489 | 1614406 | 460 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648840 | 1614276 | 88 | 379533 | 1614434 | 458 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648862 | 1614256 | 89 | 379555 | 1614414 | 459 | Sin Compost | Los Hostales |
| 648885 | 1614236 | 90 | 379578 | 1614394 | 456 | Sin Compost | Los Hostales |
| 647983 | 1614151 | 91 | 378676 | 1614309 | 433 | Con Compost | Xejuyup |
| 647988 | 1614148 | 92 | 378681 | 1614306 | 432 | Con Compost | Xejuyup |
| 647995 | 1614180 | 93 | 378688 | 1614338 | 431 | Con Compost | Xejuyup |
| 647975 | 1614134 | 94 | 378668 | 1614292 | 433 | Con Compost | Xejuyup |
| 647981 | 1614125 | 95 | 378674 | 1614283 | 434 | Con Compost | Xejuyup |
| 647978 | 1614120 | 96 | 378671 | 1614278 | 432 | Con Compost | Xejuyup |
| 647969 | 1614122 | 97 | 378662 | 1614280 | 431 | Con Compost | Xejuyup |
| 648009 | 1614181 | 98 | 378702 | 1614339 | 434 | Con Compost | Xejuyup |
| 648013 | 1614168 | 99 | 378706 | 1614326 | 435 | Con Compost | Xejuyup |
| 648214 | 1614463 | 100 | 378907 | 1614621 | 454 | Con Compost | Xejuyup |
| 648223 | 1614474 | 101 | 378916 | 1614632 | 449 | Con Compost | Xejuyup |
| 648252 | 1614456 | 102 | 378945 | 1614614 | 453 | Con Compost | Xejuyup |
| 648284 | 1614463 | 103 | 378977 | 1614621 | 448 | Con Compost | Xejuyup |
| 648261 | 1614460 | 104 | 378954 | 1614618 | 453 | Con Compost | Xejuyup |
| 648284 | 1614454 | 105 | 378977 | 1614612 | 463 | Con Compost | Xejuyup |
| 648315 | 1614430 | 106 | 379008 | 1 | 452 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648297 | 1614379 | 107 | 378990 | 1614537 | 468 | Sin Compost | Xejuyup |

| | | | | | | | |
|---------------|---------|-----|--------|---------|-----|-------------|---------|
| 648313 | 1614348 | 108 | 379006 | 1614506 | 446 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648275 | 1614302 | 109 | 378968 | 1614460 | 451 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648233 | 1614274 | 110 | 378926 | 1614432 | 439 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648041 | 1614260 | 111 | 378734 | 1614418 | 455 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648020 | 1614169 | 112 | 378713 | 1614327 | 441 | Sin Compost | Xejuyup |
| 647981 | 1614117 | 113 | 378674 | 1614275 | 441 | Sin Compost | Xejuyup |
| 647941 | 1614067 | 114 | 378634 | 1614225 | 434 | Sin Compost | Xejuyup |
| 647929 | 1614157 | 115 | 378622 | 1614315 | 436 | Sin Compost | Xejuyup |
| 647978 | 1614195 | 116 | 378671 | 1614353 | 436 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648048 | 1614332 | 117 | 378741 | 1614490 | 449 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648140 | 1614414 | 118 | 378833 | 1614572 | 447 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648270 | 1614503 | 119 | 378963 | 1614661 | 460 | Sin Compost | Xejuyup |
| 648387 | 1614488 | 120 | 379080 | 1614646 | 456 | Sin Compost | Xejuyup |

Fuente elaborado por D.G.R, 2014.



Fuente elaborado por D.G.R, 2014

Figura 48A. Mapa de los puntos de toma de sub-muestras de suelo IRTRA. Retalhuleu.