

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Ambiental

**“Evaluación de la gestión de residuos sólidos ordinarios en la sede central del
Tecnológico de Costa Rica.”**

Sergio Alberto Calderón Vargas

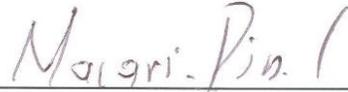
CARTAGO, junio, 2017



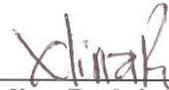
“Evaluación de la gestión de residuos sólidos ordinarios en la sede central del Tecnológico de Costa Rica.”

Informe presentado a la Escuela de Química del Instituto Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental con el grado de licenciatura

Miembros del tribunal



Ing. Macario Pino Gómez
Director



Ing. Alina Rodríguez Rodríguez
Lector 1



Ing. Daniela Quesada Rodríguez
Lector 2



M.Sc. Ing. Diana Zambrano Piamba
Coordinadora COTRAFIG



M.Sc. Ing. Ana Lorena Arias Zúñiga
Coordinadora Carrera de Ingeniería Ambiental



Dra. Floria Roa Gutiérrez
Directora Escuela de Química

DEDICATORIA

A mis padres por el gran apoyo y ejemplo que han sido durante estos años, siempre dándome todo por mí sin condiciones y con total confianza.

A mis abuelos y demás familiares cercanos que también estuvieron para mí en los momentos en que los necesité.

A mis amigos por apoyarme y estar siempre a mi lado en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

A mi profesor tutor y amigo el Ing. Macario Pino Gómez que me brindó su apoyo y confianza durante el proceso de este trabajo y durante la carrera, gracias por sus grandes consejos, enseñanzas e inspiración como persona y profesional.

A la Ing. Alina Rodríguez Rodríguez por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto, por su confianza y paciencia durante este proceso, además de su apoyo en todo momento.

A todos los funcionarios del Tecnológico de Costa Rica que me ayudaron de alguna u otra manera en el desarrollo y culminación de este proyecto, en especial al señor Johnny Granados Calderón Coordinador del MADI y al señor Pablo Camacho Vega Coordinador de la Unidad de Conserjería del TEC .

Tabla de contenido

1	Introducción.....	1
1.1	Objetivos	2
1.1.1	Objetivo General.....	2
1.1.2	Objetivos Específicos	2
2	Revisión de Literatura.....	3
2.1	Residuos Sólidos	3
2.2	Clasificación de los Residuos Sólidos	4
2.3	Manejo de residuos sólidos	5
2.4	Estudio de caracterización de residuos	5
2.5	Gestión de residuos sólidos.....	6
2.6	Situación actual de los residuos sólidos	7
2.7	Legislación en Costa Rica.....	11
2.8	Técnicas y tecnologías para la gestión de Residuos Sólidos	13
3	Metodología	15
3.1	Generación y composición de residuos sólidos	15
3.1.1	Localización del estudio	15
3.1.2	Sistema de almacenamiento de residuos no valorizables	15
3.1.3	Recolección, transporte y disposición de los residuos sólidos ordinarios	16
3.1.4	Estudio de generación y composición de residuos sólidos	17
3.2	Análisis del programa Manejo de Desechos Institucionales (MADI)	20
3.2.1	Educación	20
3.2.2	Baterías de reciclaje y puntos verdes (mini baterías de reciclaje)	20
3.2.3	Recolección de los residuos valorizables	21
3.2.4	Centro de acopio	21

4	Resultados y Discusión.....	22
4.1	Evaluación del sistema de contenedores para RSO no valorizables	22
4.2	Determinación de cantidad y composición de residuos sólidos ordinarios	23
4.2.1	Contenedor de Residencias Estudiantiles	27
4.2.2	Contenedor Zona Deportiva	33
4.2.3	Contenedor del Parqueo de Diseño Industrial	37
4.2.4	Contenedor del Parqueo Electromecánica	40
4.2.5	Contenedor de la Biblioteca.....	42
4.2.6	Contenedor de la Unidad de Transporte	45
4.2.7	Contenedor del Parqueo de Aprovisionamiento	48
4.2.8	Contenedor del Parqueo de Electrónica.....	51
4.2.9	Contenedor del Parqueo de Ingeniería de Materiales	53
4.2.10	Contenedor CIVCO	55
4.2.11	Contenedor del Parqueo de Ingeniería Ambiental.....	57
4.2.12	Contenedor del Núcleo Sur.....	59
4.2.13	Análisis general de los residuos sólidos no valorizables	62
4.3	Gestión de residuos valorizables.....	72
4.3.1	Educación e información	72
4.3.2	Sistemas o puntos de recuperación de residuos sólidos valorizables	73
4.3.3	Recolección de residuos y transporte	76
4.3.4	Acopio de residuos en las instalaciones del MADI y preclasificación.....	77
4.3.5	Clasificación y/o acondicionamiento de materiales	78
4.3.6	Acopio y despacho de materiales	82
4.3.7	Evaluación de la infraestructura del centro de acopio	84
5	Conclusiones y Recomendaciones.....	85

5.1	Conclusiones	85
5.2	Recomendaciones.....	87
6	Referencias	91
7	Apéndices	94
7.1	Apéndice 1: Materiales necesarios para la implementación del estudio de generación y composición de residuos sólidos ordinarios.....	94
7.2	Apéndice 2: Datos obtenidos en los estudios de generación y composición de residuos sólidos ordinarios	95
7.3	Apéndice 3: Mapas de contenedores, baterías y mini baterías, y basureros del Instituto Tecnológico de Costa Rica	107
7.4	Apéndice 4: Lista de chequeo sobre requerimientos en centros de acopio de residuos 111	
8	Anexos	114
8.1	Anexo 1. Clasificación de residuos sólidos ordinarios	114

Lista de Figuras

Figura 2.1. Modelo para la gestión integrada de residuos sólidos.	7
Figura 2.2. Destino de los residuos sólidos por provincia.	9
Figura 2.3. Jerarquía en el Manejo de los residuos.....	9
Figura 4.1. Líquidos acumulados en los contenedores de RS no valorizables	23
Figura 4.2. Muestra de residuos sólidos durante los muestreos de composición y generación.	26
Figura 4.3. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en los contenedores de Residencias Estudiantiles	32
Figura 4.4. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor de Zona Deportiva.	36
Figura 4.5. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parqueo de Diseño Industrial.....	39
Figura 4.6. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parqueo Electromecánica.....	41
Figura 4.7. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor de la Biblioteca	44
Figura 4.8. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor de la Unidad de Transporte.....	47
Figura 4.9. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parqueo de Aprovisionamiento.....	50
Figura 4.10. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parqueo de Electrónica	52
Figura 4.11. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parqueo de Ingeniería de Materiales.....	54
Figura 4.12. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor CIVCO.....	56
Figura 4.13. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parqueo de Ingeniería Ambiental	58
Figura 4.14. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Núcleo Sur	61

Figura 4.15. Composición porcentual de los residuos sólidos enviados al relleno sanitario	70
Figura 4.16. Charla práctica impartida a estudiantes de la institución por encargado del MADI	73
Figura 4.17. Dispositivos para recuperación de residuos sólidos valorizables (baterías de reciclaje)	74
Figura 4.18. Puntos de recolección de residuos sólidos valorizables (mini baterías)	74
Figura 4.19. Colores y orden de colocación para recipientes en sitios de recuperación de residuos	75
Figura 4.20. Tipos de plásticos	79
Figura 7.1. Balanza utilizada durante el pasaje de RSO	94
Figura 7.2. Mapa de la ubicación de contenedores de RS no valorizables en el TEC, Cartago	107
Figura 7.3. Mapa de la ubicación de baterías y mini baterías para RS valorizables en el TEC, Cartago	108
Figura 7.4. Mapa de la ubicación de basureros para RS en el TEC, Cartago	109
Figura 7.5. Mapa conjunto de la ubicación de recipientes para RS valorizables y no valorizables en el TEC, Cartago	110

Lista de Cuadros

Cuadro 2.1. Clasificación de los residuos según tipo y material de composición	4
Cuadro 2.2. Normativa y reglamentación ambiental en relación al tema de residuos sólidos en Costa Rica relacionados con el eje central de la investigación.....	12
Cuadro 4.1. Lista de contenedores de residuos sólidos ordinarios no valorizables.....	24
Cuadro 4.2. Pesos promedio de RSO medidos en los contenedores de Residencias Estudiantiles del TEC	27
Cuadro 4.3. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor de Zona Deportiva	33
Cuadro 4.4. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Diseño Industrial	37
Cuadro 4.5. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo Electromecánica	40
Cuadro 4.6. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor de la Biblioteca	42
Cuadro 4.7. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor de la Unidad de Transporte .	45
Cuadro 4.8. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Aprovechamiento	48
Cuadro 4.9. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Electrónica .	51
Cuadro 4.10. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Ingeniería de Materiales	53
Cuadro 4.11. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor CIVCO	55
Cuadro 4.12. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Ingeniería Ambiental	57
Cuadro 4.13. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Núcleo Sur	59
Cuadro 4.14. Cantidades promedio de RSO enviados al relleno sanitario por semana.....	63
Cuadro 4.15. Cantidad promedio semanal de RS valorizables en los diferentes contenedores del TEC.....	67
Cuadro 4.16. Estimación de recursos perdidos por el MADI por envío de residuos valorizables al relleno sanitario	71
Cuadro 4.17. Residuos valorizables que procesa el MADI	78
Cuadro 4.18. Detalle de los residuos sólidos despachados para reciclaje o coprocesamiento	83

Cuadro 7.1. Características de la balanza utilizada durante el pasaje de los RSO	94
Cuadro 7.2. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en los contenedores de Residencias Estudiantiles del TEC	95
Cuadro 7.3. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor de Zona Deportiva	96
Cuadro 7.4. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Diseño Industrial.....	97
Cuadro 7.5. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Electromecánica	98
Cuadro 7.6. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor de la Biblioteca	99
Cuadro 7.7. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor de la Unidad de Transporte	100
Cuadro 7.8. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Aprovisionamiento.....	101
Cuadro 7.9. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Electrónica	102
Cuadro 7.10. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Ingeniería de Materiales.....	103
Cuadro 7.11. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor de CIVCO.....	104
Cuadro 7.12. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Ingeniería Ambiental	105
Cuadro 7.13. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Núcleo Sur	106
Cuadro 7.14. Lista de chequeo de requerimientos en centros de recuperación de residuos aplicada al MADI	111
Cuadro 8.1. Categorías de residuos sólidos ordinarios	114

Lista de Siglas y Acrónimos

ACV	Análisis de Ciclo de Vida
CCTM	Centro de Transferencia y Transformación de Materiales
CONARE	Consejo Nacional de Rectores
ENSRVR	Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos
EPA	Environmental Protection Agency
GIRS	Gestión Integral de Residuos Sólidos
MADI	Manejo de Desechos Institucionales
PLANES	Plan nacional de la educación superior universitaria estatal
PPC	Producción Per Cápita
RS	Residuo Sólido
RSO	Residuos Sólidos Ordinarios
TEC	Tecnológico de Costa Rica

Resumen

Las universidades desenvuelven uno de los papeles más importantes dentro del desarrollo de la sociedad al preparar, educar y formar futuros profesionales involucrados en la toma de decisiones en temas tanto ambientales como legislativos, por lo que es importante que estos profesionales en su educación adquieran conocimiento técnico como análisis crítico de los problemas y retos que enfrenta el país en distintos campos, como lo es el manejo integral de residuos sólidos. Por su parte, el Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) a partir del año 1997, mediante su programa “Manejo de Desechos Institucionales” (MADI) enfocado en la recuperación de residuos sólidos ordinarios valorizables ha realizado gestiones para la minimización del impacto negativo producido por la generación de residuos sólidos (RS), así como programas para la educación ambiental de la población que conforma la institución. El objetivo de esta investigación es el análisis de la situación actual de la institución en cuanto a la gestión integral de sus residuos sólidos ordinarios (RSO), tanto no valorizables enviados al relleno sanitario evaluados mediante estudios de generación y composición como para los residuos valorizables gestionados por el MADI. Obteniéndose que solamente el 52% de los residuos enviados actualmente al relleno sanitario deberían ser dispuestos en este sitio, en tanto que un 20% del total podría ser recuperado para reciclaje o coprocesamiento. Demostrando que existen posibilidades de mejora en el manejo de residuos sólidos institucionales. Reajuste

Palabras Clave: Residuos sólidos, reciclaje, TEC, MADI, estudio de composición y generación de residuos, centro de acopio.

Abstract

Universities build up one of the most important roles in the development of society in preparing, educating and training future professionals involved in decision-making on different issues both environmental and legislative, consequently, it is important for these professionals in their education to acquire technical and critical knowledge of different problems and challenges that the country face in different fields, like the integral solid waste management. The Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC), since 1997, through its Manejo de Desechos Institucionales (MADI) program, focused on recovering ordinary valuable solid waste, has made efforts to minimize the negative impact produced by the generation of solid waste (RS), as well as programs for the environmental education of the institution students. The objective of this investigation is the analysis of the current situation of the institution regarding the integral management of ordinary solid waste (RSO), both non-recoverable sent to the sanitary landfill evaluated by studies of generation and composition, as well as recoverable waste managed by MADI. Obtaining that only 52% of the waste, currently sent to the landfill, should be disposed in this site, while 20% of the total could be recovered for recycling or coprocessing. Demonstrating that there are possibilities for improvement of institutional solid waste management.

Key Words: Solid waste, recycling, TEC, MADI, composition and generation of waste, collection center.

1 Introducción

El desarrollo de la humanidad ha provocado alteraciones ambientales en los diferentes ecosistemas que hoy se percibe más claramente en el fenómeno de cambio climático. Por ello, en los principios del Siglo XXI se necesita un cambio de mentalidad para que todos los seres humanos se involucren de una forma u otra en el tema del uso sostenible de los recursos naturales y así revertir los efectos negativos. A manera de ejemplo, se puede señalar el caso de Costa Rica, el evidente manejo inadecuado de los residuos, tanto sólidos como líquidos, ha provocado impactos negativos a nivel ambiental, económico y de salud pública. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2016)

En la búsqueda de soluciones viables a este y otros problemas ambientales, se publicó el Decreto Ejecutivo No. 33889-MINAE en el año 2007 que establece los Planes de Gestión Ambiental, que tienen como propósito, incorporar la variable ambiental en la gestión pública. Este es un esfuerzo con una visión de corto, mediano y largo plazo, mediante el cual se espera lograr un significativo beneficio ambiental y económico en el sector público, como resultado del ahorro de energía y la gestión adecuada de los residuos. (Ministerio de Ambiente y Energía, 2016)

En este ámbito el Tecnológico de Costa Rica se ha destacado en los últimos años por su ardua labor y gran compromiso en estudios, aplicación de herramientas, avances e innovaciones en diversos campos de estudio ambiental como: aguas residuales, tratamiento de contaminantes atmosféricos, uso de energías limpias, mostrándose como una institución comprometida con el ambiente, prueba de esto es el haber alcanzado el galardón de “Bandera Azul Ecológica” en la categoría de Cambio Climático con 4 estrellas alcanzadas y contar con un Programa de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) calificado entre los mejores de todas las instituciones públicas del país.

En la gestión de residuos sólidos la institución no se queda atrás, ya que cuenta con el programa de “Manejo de Desechos Institucionales” (MADI). El objetivo del programa MADI es la minimización, reutilización, reciclaje y disposición responsable de los residuos por parte de estudiantes y funcionarios de la institución, con el fin de crear una conciencia ambiental en el TEC (Romero Esquivel, Salas Jiménez, & Jiménez Antillón, 2008).

Para la implementación con éxito de este tipo de proyectos se debe contar con tres aspectos muy importantes: educación de la población, la infraestructura necesaria y el contacto con las empresas recicladoras. Una vez en ejecución este tipo de actividad además de contar con el sistema para la recolección, separación y almacenaje de los residuos, es necesario evaluar otros aspectos a medida que avanza el proyecto, ya que al pasar el tiempo las características necesarias para el buen funcionamiento de este sistema van cambiando debido a diferentes factores, como nuevos materiales valorizables que puedan ser rescatados, aumento de la población institucional tanto de funcionarios como estudiantil, además del crecimiento de las edificaciones de la institución, por lo que aumentaría el flujo de residuos tanto valorizables como no valorizables.

A raíz de la variabilidad de estos aspectos a través del tiempo surge este proyecto, con el fin de analizar las condiciones actuales que presenta la institución para la gestión integral de sus residuos sólidos ordinarios no valorizables y el alcance de la recuperación de los residuos sólidos valorizables por parte del Programa MADI, para de esta forma evaluar, actualizar, mejorar y garantizar los mejores resultados a futuro tanto para la institución como para el medio ambiente.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Evaluar la gestión de los residuos sólidos ordinarios generados en la sede central del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Estimar la cantidad y tipo de los residuos sólidos ordinarios no valorizables generados en la institución.
- Evaluar el programa de Manejo de Desechos Institucionales (MADI) y proponer acciones de mejora al proceso de clasificación, recolección, disposición final de los residuos sólidos ordinarios valorizables del campus.

2 Revisión de Literatura

En el presente capítulo, se exponen conceptos básicos relacionados con el tema de residuos sólidos, caracterización, reglamentación y técnicas contemporáneas implementadas para su gestión. Además, se muestra la situación mundial actual, principalmente en los países en vía de desarrollo, la situación y reglamentación en Costa Rica y el manejo dado a nivel institucional.

2.1 Residuos Sólidos

El concepto de residuos sólidos ha sido ampliamente definido por gran variedad de autores e instituciones. En Costa Rica para el Ministerio de Salud en el 2008 (Flores, 2011), se define residuos sólidos como “sustancias, elementos u objetos cuyo generador elimina, se propone eliminar o está obligado a eliminar”. Ziraba, Nigatu & Mberu (2016) definen residuos sólidos como “todos los materiales sólidos desechados resultantes de hogares, fuentes industriales, sanitarias, constructivas, agrícolas, comerciales e institucionales”. La Unión Europea los define como “cualquier sustancia u objeto el cual el portador desecha o tiene la intención de desechar” (Christensen, 2011). Por su parte la Agencia de Protección Ambiental (EPA) (2016), menciona que son los residuos sólidos municipales, materiales rechazados, lodos de plantas de tratamiento de residuos, residuos industriales y otros materiales desechados, incluyendo materiales gaseosos, sólidos, semisólidos, líquidos o contenidos resultantes de actividades industriales, comerciales, mineras, agrícolas y comunitarias. Es evidente que las definiciones anteriores no son las mismas para ninguno de los autores mencionados, pero todas convergen en que los residuos sólidos son materiales ya sean rechazados, eliminados o desechados.

Convertir un objeto o material en residuo depende de muchos factores, por ejemplo: tiempo, ubicación, estado del objeto o material, nivel de ingresos y preferencias personales (Christensen, 2011). Un objeto ya convertido en residuo sólido constituye un problema desde su generación hasta su disposición final, debido a los volúmenes que alcanzan y a los impactos ambientales negativos que pueden ocasionar por su disposición incorrecta en todo el mundo (Vallés, 2013).

2.2 Clasificación de los Residuos Sólidos

Los residuos sólidos se pueden clasificar de diferentes formas dependiendo de factores como su origen (domiciliario, industrial, comercial, agropecuario, limpieza de espacios públicos, hospitalarios), composición, características, forma de tratamiento (especial, inerte, orgánico), estado físico, uso, estructura química y peligrosidad, entre otros (Bardales, 2014). En el caso de este estudio, es necesario clasificar los residuos por el tipo y composición, según se muestra en el cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Clasificación de los residuos según tipo y material de composición

Tipo de Residuo	Clasificación	Tipo de residuo (Ejemplos)
Residuos no peligrosos	Valorizables	- Cartón y papel - Vidrios - Plásticos - Residuos metálicos - Textiles y cuero - Madera - Empaques compuestos
	No Valorizables	- Servilletas y papeles encerados, plastificados, metalizados - Cerámica - Material de barrido - Materiales de empaque y embalajes sucios
	Orgánicos Biodegradables	-Residuos de comida - Cortes y poda de material vegetal - Hojarasca
Residuos peligrosos		- Pilas, lámparas fluorescentes, aparatos eléctricos y electrónicos - Productos químicos (aerosoles, solventes, pinturas, plaguicidas, fertilizantes, aceites y lubricantes usados) - Medicamentos - Residuos con riesgos biológicos -Elementos en contacto con bacterias, virus o microorganismos patógenos (agujas, residuos humanos, limas, cuchillas)
Residuos especiales		- Escombros, residuos de gran volumen

Modificado de Terán & Medina, 2016

2.3 Manejo de residuos sólidos

Según Christensen (2011), durante el ciclo de vida de los residuos sólidos estos tienen definidas las siguientes fases:

- **Generación:** Categorías, tipos, cantidades y composición
- **Recolección y transporte:** Separación de recursos, estaciones y centros de recolección de residuos, recolección, transporte y transferencia en grandes cantidades.
- **Tratamiento:** Separación de residuos en instalaciones de recuperación de materiales, incineración, tratamiento biológico y otras operaciones o procesos que cambian las características de los residuos.

De las fases anteriores y de acuerdo al tipo de residuo, se puede dar un manejo adecuado en ciertas etapas del proceso:

- **Reciclaje:** El reciclaje involucra tres fases claves: clasificación, recolección y procesamiento (Yeboa-Assiamah, Asamoah, Agyekum Kyeremeh, 2017). El 95% del impacto ambiental de un producto es antes de su descarte (fabricación y extracción). Por lo tanto, el reciclaje es fundamental para reducir los impactos generales del ciclo de vida de un material (Kharvel, 2012).
- **Compostaje:** Los residuos de muchos países en desarrollo debido a su composición, serían teóricamente ideales para la reducción a través del compostaje, por lo general la corriente de residuos urbanos promedio es más del 50% de material orgánico (Yeboa-Assiamah, Asamoah, Agyekum Kyeremeh, 2017).
- **Enfoque integrado:** Toma en cuenta cuestiones específicas para dar soluciones únicas en cada contexto. El enfoque se da cuando se implementan las 4R (rechazo, reducción en la fuente, reutilización y reciclaje) junto con el compostaje o alguna otra tecnología u opción de eliminación apropiada (Yeboa-Assiamah, Asamoah, Agyekum Kyeremeh, 2017).

2.4 Estudio de caracterización de residuos

En el mundo, principalmente en los países en desarrollo, los residuos sólidos no se clasifican en los puntos de origen, recolección, transporte y disposición (Ziraba, Nigatu, Mberu, 2016). Debido a estas limitaciones los residuos se recolectan de forma mixta, por lo que una vez

mezclados, se hace difícil su separación (Kharvel, 2012), lo que genera mayor volumen de residuos que incluyen materiales que pueden ser reciclados o reutilizados en otros procesos. En muchos casos surge la necesidad de comprender la composición de estos residuos sólidos, con el fin de realizar mejoras e implementar programas que ayuden a reducir su volumen y mejorar la eficiencia en los procesos posteriores hasta su disposición final, para ello se da como primer paso su caracterización o el estudio de su composición.

Un estudio de caracterización o composición de residuos sólidos, es un instrumento que proporciona información básica de los residuos sólidos, con el objeto de diseñar técnicamente los sistemas de almacenamiento, recolección, transporte, tratamientos y la disposición final de los mismos (ECO Consultorías e Ingeniería SAC, 2013). Es una herramienta valiosa para la planificación de actividades, ya que determinan el índice de generación por habitante denominada Producción Per Cápita (PPC) y la composición porcentual de los materiales desechados (Campos & Soto, 2014). El uso de estos indicadores y los porcentajes de contribución de cada tipo de material que se desecha, permiten estimar inversiones en cuanto a educación ambiental, transporte, disposición, tratamiento y administración (Campos & Soto, 2014).

2.5 Gestión de residuos sólidos

El manejo o gestión de residuos sólidos involucra acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, para el manejo de residuos, desde su generación hasta su disposición final teniendo en cuenta una visión de su impacto, las partes interesadas y el ambiente en que se desarrolla tal como se muestra en la figura 2.1 (Sethi, Kothiyal, Nema, Kaushik, 2013), (Ministerio de Salud, 2016). La gestión de residuos es afectada por aspectos o factores externos (técnicos, ambientales, financieros, socioculturales, institucionales y legales) que facilitan el funcionamiento del sistema (Abarca *et al*, 2013).

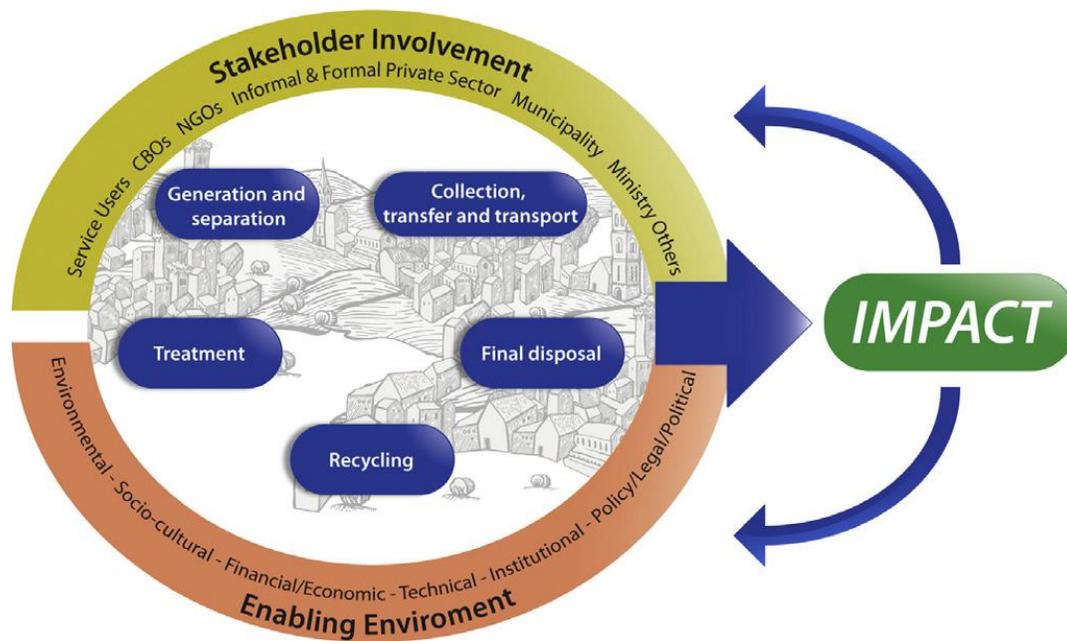


Figura 2.1. Modelo para la gestión integrada de residuos sólidos.

Fuente: (Abarca, Maas, Hogland, 2012).

2.6 Situación actual de los residuos sólidos

La concentración de la población en zonas urbanas, ha traído como consecuencia el incremento en la cantidad de residuos sólidos. Este fenómeno urbano, se ha agudizado en los últimos años, por las características del modelo económico y la adopción cultural de la sociedad de consumo (Flores, 2011). A medida que la sociedad evoluciona, su nivel de bienestar aumenta, y como consecuencia la cantidad de residuos sólidos aumenta (Valencia, Pérez, Vicencio, Martínez, Rubio, 2014).

En los países desarrollados, los municipios han establecido esquemas de gestión integrada para manejar, tratar y eliminar los residuos sólidos siguiendo los principios de salud pública, economía, ingeniería, legal y ambiental (Abarca et al., 2013). Los municipios de los países en desarrollo y en transición no están exentos de los desafíos relacionados con el manejo de los residuos sólidos, ya que enfrentan déficit presupuestario, falta de conocimiento y deficiencias en infraestructura y equipo, complicando enormemente su trabajo (Valencia, Pérez, Vicencio, Martínez, Rubio, 2014), (Abarca et al., 2013).

A pesar de los avances en cuanto a temas ambientales en Costa Rica, el manejo de los residuos sigue siendo uno de los mayores problemas. “Para el año 2006 se estimaba que se generaban 3 784 toneladas de residuos ordinarios (o municipales) por día, lo que equivale a un aumento de 2,7 veces de lo que se producía en 1991. En cantones urbanos se genera un aproximado de 1,1 kilogramos de residuos por persona por día. De estos residuos aproximadamente un 55% corresponde a residuos orgánicos, 15,5% a papel y cartón y 11,5% a plásticos” (Ministerio de Salud, 2016). En el país, a partir del año 2010 se hizo obligatorio el manejo adecuado de los RS y en el 2012 se publicó el primer reglamento para realizar los respectivos estudios de composición (Campos & Soto, 2014). Actualmente en el país es obligatorio para todos los cantones contar con estos estudios de generación y composición de RS, los cuales son una herramienta muy valiosa para la planificación de la Gestión Integral de Residuos Sólidos (GIRS) (Campos & Soto, 2014). Desafortunadamente, dichos estudios se están utilizando únicamente para cumplir con la legislación nacional y no se utilizan para diseñar políticas de recuperación en la fuente, educación ambiental, valorización y estrategias para el transporte y disposición (Campos & Soto, 2014).

En el país en general no existe una cultura integral desde la perspectiva de planificación, educación ambiental formal, no formal o comunitaria que contribuya a una conducta pro ambiental de los ciudadanos (Campos & Camacho, 2014). Como se puede observar en la figura 2.2 a nivel provincial todavía hay una gran falta de planificación, en cuanto a la disposición de residuos en provincias como Guanacaste, Puntarenas y Limón es casi nulo el manejo de residuos (Araya, 2011).

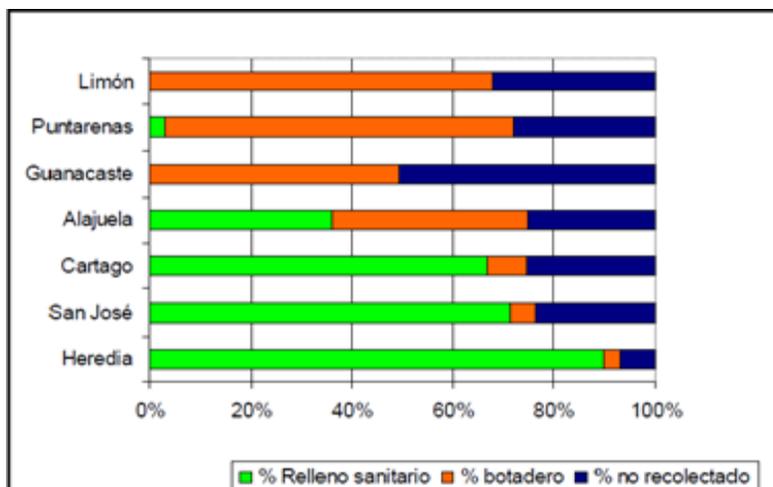


Figura 2.2. Destino de los residuos sólidos por provincia.

Fuente: (Araya, 2011).

Como se puede observar en la figura 2.3 el manejo preferible de residuos sólidos en el país va desde la adquisición del material que se desea, hasta su disposición final, tratando en la mayor medida que esta disposición sea la menor.



Figura 2.3. Jerarquía en el Manejo de los residuos

Fuente: (Ministerio de Salud, 2016).

En la provincia de Cartago para el año 2015 la producción de residuos sólidos alcanzó la cercanía a las 97,000 toneladas anuales (Soto & Gaviria, 2013). Esta es una producción moderadamente alta, por lo que es importante el involucramiento de tomadores de decisiones

para aprovechar los residuos valorizables, considerando que la provincia cuenta con empresas de reciclaje (Soto & Gaviria, 2013).

Las instituciones públicas en este caso las universidades, poseen un sistema de gestión que debe ser entendido no sólo a partir de funciones básicas de investigación, docencia, extensión o financiamiento (Campos, 2014). La gestión universitaria, se caracteriza por la búsqueda del mejoramiento continuo (Campos, 2014). Las universidades, desde sus áreas de docencia, investigación y acción social, desarrollan planes, estrategias, proyectos y acciones relacionadas con el tema ambiental, en algunos casos como ejes estratégicos y en otros, como ejes transversales (Campos & Camacho, 2015). Estas instituciones deben garantizar no solo el más alto nivel de educación y formación, sino también un acertado control y disminución en los impactos ambientales, sociales y urbanísticos, generando un manejo adecuado de los recursos en sus estudiantes y ayudando a incrementar su nivel de concientización (López, 2014) (Romero, Salas, Jiménez, 2008).

El Plan Nacional de la Educación Superior Universitaria estatal (PLANES) 2011-2015, propuesto por el Consejo Nacional de Rectores (CONARE) (2011), presenta cinco ejes estratégicos: pertinencia e impacto, acceso y equidad, aprendizaje, ciencia y tecnología y finalmente, gestión. En este marco de planificación se define como objetivo estratégico: Vincular y gestionar el quehacer universitario con acciones orientadas al desarrollo sostenible (social, biológico, físico) (Campos & Camacho, 2015).

El TEC al formar parte del PLANES 2011-2015 tiene un alto grado de compromiso en muchos aspectos, en cuanto al área de gestión ambiental, específicamente el manejo de residuos sólidos ordinarios, su compromiso se ve reflejado mediante la actividad permanente “Manejo de Desechos Institucionales” (MADI) (Romero, Salas, Jiménez, 2008).

El programa MADI surge en 1995 como la necesidad de mejorar las condiciones del manejo de residuos en el campus por parte del Consejo Institucional, delegando la responsabilidad sobre la Vicerrectoría de Administración, el Departamento de Administración y Mantenimiento y el Centro de Investigación y Protección Ambiental. Para 1999, tomando en cuenta la disponibilidad de recicladoras en el país, se empezó a gestionar la recolección de materiales reciclables como: vidrio, plástico (PET y HDPLE) y aluminio (Romero, Salas, Jiménez, 2008).

El principal objetivo del programa ha sido la minimización, reutilización, reciclaje y el destino final responsable de los desechos y la creación de una conciencia ambiental en estudiantes, funcionarios y comunidades aledañas (Romero, Salas, Jiménez, 2008). El programa MADI cuenta con un centro de acopio y varias baterías (sistema de recipientes) para la recolección y recuperación de estos desechos y existe una persona encargada de mantener el contacto y mercadeo con empresas que reciclan directamente estos materiales o con intermediarios (Romero, Salas, Jiménez, 2008). Para la implementación exitosa de este tipo de actividad se deben de considerar tres aspectos fundamentales: la educación de la población, una infraestructura adecuada y la comunicación constante con las empresas que reciclan los desechos (Romero, Salas, Jiménez, 2008).

2.7 Legislación en Costa Rica

Costa Rica posee una alta variedad de convenios, reglamentos, leyes, decretos y hasta manuales en cuanto a los residuos sólidos y su gestión. Con la publicación de la Ley para la Gestión Integral de Residuos en julio del 2010, el país obtiene un marco jurídico moderno en un tema crucial en aspectos no solo de salud, sino que también en protección del ambiente e inclusive en aspectos socioeconómicos del ser costarricense (Ministerio de Salud, 2016).

En el tema de la Gestión Integral de Residuos (GIRS), Costa Rica cuenta con una serie de Reglamentos publicados y asociados a la Ley para la Gestión Integral de Residuos (Ministerio de Salud, 2016). De acuerdo al objeto de estudio del proyecto, en el cuadro 2.2, se mencionan solamente las regulaciones que tiene relación con el eje central de la investigación:

Cuadro 2.2. Normativa y reglamentación ambiental en relación al tema de residuos sólidos en Costa Rica relacionados con el eje central de la investigación.

Normativa	Descripción
Ley para la Gestión Integral de Residuos. Ley No. 8839 (2010)	Esta Ley tiene por objeto regular la gestión integral de residuos y el uso eficiente de los recursos, mediante la planificación y ejecución de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, ambientales y saludables de monitoreo y evaluación.
Reglamento para la Gestión Integral de Residuos Electrónicos. Decreto N° 35933-S (2010)	Reducir la contaminación al ambiente y afectaciones a la salud de la población.
Reglamento para Centros de Recuperación de Residuos Valorizables. Decreto N° 35906-S (2010)	Establece requisitos y condiciones físico sanitarias que deben cumplir los centros de recuperación de residuos valorizables.
Reglamento sobre el manejo de residuos sólidos ordinarios. Decreto N° 36093-S (2010)	Su finalidad es la protección de la salud pública y ambiente, por medio de la gestión integral de los residuos sólidos ordinarios.
Reglamento para la elaboración de los Programas de Gestión Ambiental Institucional en el sector público de Costa Rica. Decreto N° 36499-MINAET -S (2011)	Establece lineamientos para que todas las instituciones de la Administración Pública logren formular, actualizar e implementar un Programa de Gestión Ambiental Institucional.
Reglamento General para la Clasificación y Manejo de Residuos Peligrosos. Decreto N° 37788-S-MINAE (2013)	Establece las condiciones y requisitos para la clasificación de los residuos peligrosos, así como las normas y procedimientos para la gestión de éstos.
Oficialización de la Metodología para Estudios de Generación y Composición de Residuos Sólidos Ordinarios. Decreto N° 37745-S (2013)	Es un instrumento de referencia para que las Municipalidades del país ejecuten estudios que permitan conocer la cantidad y composición de los residuos sólidos ordinarios generados

Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos. Decreto N° 37567-S-MINAET-H (2013)	Regular la gestión de los residuos a nivel nacional, a fin de asegurar el trabajo articulado en la gestión integral de residuos y el bienestar de la población.
Otras leyes y reglamentos	<ul style="list-style-type: none"> • Reglamento sobre el manejo de basuras. Decreto Ejecutivo N° 19049-S (1989) • Reglamento para el Manejo de Productos Peligrosos. Decreto Ejecutivo N° 28930-S (2000) • Reglamento de Registro Sanitario de Establecimientos Regulados por el Ministerio de Salud. Decreto Ejecutivo N° 32161-S (2004) • Aprobación y declaratoria de interés público y nacional del Plan de Residuos Sólidos-Costa Rica (PRESOL). Decreto Ejecutivo N° 34647-S-MINAE (2008).
Otros instrumentos relacionados con la gestión integral de residuos	<ul style="list-style-type: none"> • Guía para la elaboración de Planes Municipales para la Gestión Integral de Residuos. • Guía de interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios. • Guía para la elaboración de Programas de Gestión Ambiental Institucional (PGAI) en el sector público de Costa Rica; entre otros.

Modificado de: (Artavia, 2015) y (Ministerio de Salud, 2016)

2.8 Técnicas y tecnologías para la gestión de Residuos Sólidos

En general el manejo o gestión de residuos sólidos tiene sistemas básicos de tratamiento aparte de su disposición en vertederos, que pueden ser modificados según las necesidades del usuario o ente generador. Según Christensen (2011), los procesos de tratamiento o técnicas básicas de tratamiento de residuos sólidos son:

- **Tratamiento mecánico:** Implica reducción del tamaño, clasificación y compactación y puede aparecer separado o combinado con tratamientos térmicos o biológicos como unidades de pre o post procesamiento.
- **Tratamiento térmico:** Implica incineración, pirólisis y gasificación.
- **Tratamiento biológico:** Incluye compostaje, digestión anaerobia o la combinación de ambas.

En otros países se han desarrollado diferentes tecnologías, por ejemplo, en Bangladesh se desarrolló un modelo informático dinámico para predecir la generación de residuos sólidos, la recolección y la generación de electricidad a partir de residuos sólidos con aplicación en la ciudad urbana de Dacca (Sufian y Bala, 2006, citado por (Hacer & Washington, 2015)). Por otro lado, para la planificación de la recolección de residuos sólidos se ha desarrollado un sistema híbrido de apoyo a la toma de decisiones, SCOLDSS, que implementa simulación de eventos discretos y algoritmos (Hacer & Washington, 2015). El Análisis de Ciclo de Vida (ACV) es un enfoque general que se utiliza cada vez más para la gestión de residuos sólidos, especialmente en el proceso de toma de decisiones y en la planificación estratégica (Hacer & Washington, 2015).

Sin embargo a pesar de las diversas alternativas disponibles para la gestión adecuada de los residuos sólidos ordinarios, en Costa Rica se ha mantenido predominante la utilización de rellenos sanitarios como alternativa de gestión, aunque en muchos cantones del país aún existen botaderos a cielo abierto debido a la ausencia o lejanía de rellenos sanitarios legalmente establecidos, por lo que se hace evidente la necesidad del país por la implementación de las nuevas tecnologías para gestionar los residuos generados por la población, ya que cada vez se cuenta con menos rellenos sanitarios disponibles y la capacidad de los que se encuentran en operación, se va reduciendo rápidamente con el paso del tiempo. De este modo es de suma importancia la reutilización y reciclaje de RS para alargar la vida útil de los rellenos sanitarios actuales, mientras se realiza el cambio por tecnologías modernas y más eficientes para resolver este problema.

3 Metodología

A continuación se realiza una descripción del sitio y condiciones donde se ejecutó el proyecto y la metodología empleada para la obtención de los diferentes resultados requeridos para el desarrollo y cumplimiento de los objetivos del estudio.

3.1 Generación y composición de residuos sólidos

Se realizó un estudio de generación y composición de residuos sólidos ordinarios generados en la institución con el fin de obtener datos como: cantidad de residuos generada por semana, composición de los residuos, análisis de las fuentes generadoras de los residuos, además de una evaluación del sistema de almacenamiento en los contenedores para residuos sólidos, esto a su vez contribuye al análisis de forma cruzada de la efectividad del sistema de reciclaje con el que cuenta la institución, ya que con el estudio se podrá evidenciar si residuos valorizables están siendo enviados al relleno sanitario.

3.1.1 Localización del estudio

El estudio se realizó en el campus central del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicado en la provincia de Cartago. El TEC es una institución nacional autónoma de educación superior universitaria, dedicada a la docencia, la investigación y la extensión de la tecnología y las ciencias conexas para el desarrollo de Costa Rica. Fue creado mediante la ley No. 4.777 del 10 de junio de 1971. (Tecnológico de Costa Rica, 2015)

El TEC de Cartago cuenta con más de 90 hectáreas de terreno y 105 mil metros cuadrados de construcción que albergan laboratorios, aulas, centros de investigación, instalaciones deportivas y culturales, auditorios, oficinas, sodas, comedores, bibliotecas, bosques y parcelas experimentales, talleres y librerías a disposición de sus estudiantes, funcionarios y comunidades circunvecinas. (Tecnológico de Costa Rica, 2015)

3.1.2 Sistema de almacenamiento de residuos no valorizables

El TEC cuenta con una serie de contenedores (15 en total) de aproximadamente 4 m³ cada uno para el almacenamiento de los residuos sólidos ordinarios generados en la institución, instalados por la empresa Commercial Waste, dicha empresa está subcontratada para el transporte al sitio de disposición final de los residuos en el relleno sanitario Los Pinos, ubicado en el sector de Las Concovas en el Distrito de Dulce Nombre de Paraíso, el cual es propiedad de la Municipalidad de Cartago y operado a través de contrato por la Empresa

WPP. Los contenedores se encuentran distribuidos en diversos puntos del campus de la siguiente forma (ver mapa en apéndice 3, figura 7.2):

- 2 En Residencias Estudiantiles
- 2 En Restaurante Institucional
- 1 Detrás de la Biblioteca
- 1 Detrás de Esc. Electromecánica
- 1 Parqueo Aprovisionamiento
- 1 Frente a F2 Electrónica
- 1 Frente al CIVCO
- 1 Frente a Transportes
- 1 Parqueo Ing. Ambiental
- 1 Núcleo Sur (Escuela de Ing. Forestal)
- 1 Frente a Taller de Materiales
- 1 Área Deportiva
- 1 Frente a Escuela de Diseño

Los residuos producidos se encuentran distribuidos sectorialmente en los contenedores, por lo que estos reciben RS de edificios específicos dentro de la institución, dicha distribución se puede apreciar en el cuadro 4.1. De este modo se puede estimar las cantidades producidas en cada sector e identificar posibles problemas desde la generación, manipulación, distribución y hasta su mala disposición, en busca de proponer las soluciones del caso y mejorar el manejo de los residuos.

3.1.3 Recolección, transporte y disposición de los residuos sólidos ordinarios

El transporte de los residuos sólidos generados en los diferentes edificios o áreas de la institución a los contenedores se realiza por parte de los funcionarios de la Unidad de conserjería, quienes hacen recolecciones diarias en todo el campus; los conserjes cuentan con una distribución de labores y edificios determinados para cada uno.

La recolección de los residuos sólidos ordinarios no valorizables de los contenedores por parte de la empresa Commercial Waste, se da 3 veces por semana los días lunes, miércoles y viernes en horas de la madrugada para no interferir con las actividades normales de la institución que inician a las 7:30 am.

Según lo establecido en las condiciones del contrato con la empresa, los residuos de la institución se recolectan y se llevan inmediatamente al relleno sanitario Los Pinos, lográndose así obtener información sobre la generación promedio de residuos de la institución.

3.1.4 Estudio de generación y composición de residuos sólidos

Los estudios de generación y composición se efectuaron en 13 de los 15 contenedores excluyendo los 2 contenedores del comedor institucional ya que estos reciben en su mayoría residuos orgánicos que por su naturaleza o estado no pueden ser separados o no sirven para el aprovechamiento de consumo para animales de producción pecuaria o sistemas de compostaje, además se recibe poca cantidad de otros tipos de residuos que se encuentran contaminados con restos de comida de la misma preparación de alimentos que no se pueden separar o limpiar, como empaques que tuvieron contacto con carnes o alimentos grasos, sin embargo, los residuos que pueden ser separados para su valorización dentro del comedor se separan para su envío al MADI como envases de leche o natilla, además de que el comedor dentro de sus instalaciones cuenta con un recipiente para residuos valorizables para la separación por parte de los usuarios del servicio, por esta razón las cantidades de otros tipos de materiales en el contenedor son mínimas en comparación con lo que se puede encontrar en otros contenedores, debido a la poca información que aportarían al proyecto son excluidos de los estudios de composición y generación.

Los estudios se realizaron durante 2 semanas consecutivas a cada contenedor con el fin de poder comparar datos entre semanas y promediar la producción; para abarcar los residuos de la semana completa se realizaron los muestreos los días martes y jueves a partir de las 3:00 pm y los sábados al a medio día, estos días y horarios se establecieron en función a dos factores, el primero los días de recolección que realiza la empresa Commercial Waste de los contenedores y el segundo el horario de trabajo de los conserjes del TEC que se encargan de disponer los residuos de los edificios a los contenedores correspondientes (Lunes a Viernes 6:00 am a 3:00 pm y Sábados de 6:00 am a 12:00 md), de esta manera se aseguró que estuvieran todos los residuos en los contenedores a la hora de los muestreos.

El procedimiento utilizado para el estudio de generación y composición de residuos sólidos ordinarios se basó en la metodología oficial nacional, presentada en el Decreto N° 37745-S publicado en el año 2013, “Metodología para Estudios de Generación y Composición de

Residuos Sólidos Ordinarios”, sin embargo se realizaron pequeños cambios para ajustar la metodología al tipo de institución donde se aplicó. A continuación se muestra el procedimiento utilizado:

Composición física de los RSO generados en la institución:

Para cada uno de los 13 contenedores del campus por separado, se aplicaron los siguientes pasos:

1: Se prepara todo el equipo necesario para el muestreo:

- Bolsas plásticas
- Equipo de seguridad y protección personal
- Lona para impermeabilizar el área de trabajo
- Materiales para rotular
- Balanza

Nota: Las características de la balanza utilizada durante los muestreos se encuentran detallados en el apéndice 1 (Cuadro 7.1).

2: Se recolectan todos los residuos sólidos del contenedor y se llevan a la zona de trabajo. Se colocan los residuos en una zona cubierta y pavimentada o sobre un plástico o lona de suficiente resistencia y tamaño para evitar el contacto directo de los residuos con el suelo.

3: Se pesan todas las bolsas de residuos y se anota su peso. Luego se abren las bolsas y vierten los residuos formando un montículo.

4: La normativa sugiere aplicar el método de cuarteo, el cual consiste en dividir el montículo en cuatro partes iguales y escoger dos partes opuestas para formar un nuevo montículo más pequeño. Volver a mezclar las dos partes seleccionadas y dividirla nuevamente en cuatro partes, luego escoger nuevamente dos partes opuestas y formar otra muestra más pequeña.

Repetir esta operación hasta obtener una muestra final aproximada a los 50 kg de residuos o bien de un peso representativo según la cantidad de residuos existente.

Este método es sugerido cuando las cantidades de residuos superan los 250 o 300 kg para agilizar el proceso de muestreo, sin embargo por la finalidad del estudio y por la cantidad de residuos (inferior a 250 kg) durante este estudio se realizó clasificación a la muestra completa.

5: Separar los componentes del montículo en las bolsas preparadas según las siguientes categorías:

- Biodegradable (residuos orgánicos)
- Papel/cartón
- Plásticos
- Vidrio
- Metales
- Textiles, cuero y hule
- Polilaminados (tetra brik)
- Residuos peligrosos
- Residuos eléctricos y electrónicos
- Otros componentes

Se pueden modificar las categorías según las necesidades o características del lugar.

Nota: Los residuos pertenecientes a cada categoría se detallan en el anexo 1, cuadro 8.1.

6: Pesar cada una de las bolsas con las fracciones de residuos de acuerdo a la categorización.

7: Para obtener el porcentaje en peso de cada categoría de residuos para el contenedor correspondiente se divide el peso neto de cada una de las categorías por el peso total de la muestra tomada (suma del peso de todas las categorías separadas). Usar la ecuación 1:

$$\text{Ecuación 1: Porcentaje del peso (\%)} \text{ de la categoría en el extracto} = \frac{P_i}{W_t} * 100$$

Donde:

P_i = Peso neto de la categoría i en el extracto.

W_t = Suma de los pesos de todas las categorías

8: Repetir el procedimiento durante todos los días de la semana que dure el muestreo. Y con los contenedores restantes.

9: Para cada contenedor obtener el promedio de cada una de las categorías a partir de los resultados obtenidos en cada semana de muestreo. De esta manera se obtiene el porcentaje de cada categoría en los RSO generados por cada sector de la institución.

Nota: Los datos obtenidos de cada contenedor se trataron con el programa de estadística “Minitab” para su análisis y validación estadística.

3.2 Análisis del programa Manejo de Desechos Institucionales (MADI)

Se realizó un análisis de las condiciones y características que presenta el TEC para la educación y manejo de los residuos sólidos, a continuación se presentan los rubros evaluados:

3.2.1 Educación

Se evaluaron los medios de educación e información que utiliza el TEC para comunicar a toda su comunidad sobre las posibilidades y condiciones que ofrece la institución para la disposición y manejo adecuado de los residuos sólidos ordinarios.

3.2.2 Baterías de reciclaje y puntos verdes (mini baterías de reciclaje)

Se realizó un recorrido por la institución para localizar e identificar los sitios de recolección temporal de residuos valorizables que poseen los estudiantes, profesores, funcionarios y visitantes para depositar los residuos, así como para valorar sus características, distribución y funcionalidad.

Como complemento, también se realizó un levantamiento de los recipientes destinados para desechos no valorizables o basura disponibles en las zonas comunes del campus central como: pasillos, corredores, pretil, zonas deportivas, entre otros, esto para un análisis

comparativo de la disponibilidad para separar y clasificar residuos en diversos sectores del campus contra las opciones de sólo depositar los residuos sin clasificación previa.

Estos sitios de recolección fueron marcados e identificados en un plano del campus, con el fin de analizar posteriormente la distribución de estos puntos e identificar si hay necesidad de reubicación, o creación de nuevas zonas de recolección.

3.2.3 Recolección de los residuos valorizables

Basado en los puntos de disposición de residuos valorizables con los que dispone el TEC, se realizó un análisis del método de recolección de estos materiales por parte de los funcionarios correspondientes, para evaluar las rutas y frecuencias utilizadas y optimizar el procedimiento.

3.2.4 Centro de acopio

Se realizó un análisis del centro de acopio institucional en el cual se realizan diversas labores para acondicionar los residuos valorizables generados por la comunidad del TEC, se evaluaron características físicas, de operación y de seguridad ocupacional en el sitio, con el fin de examinar su funcionalidad y proponer opciones de mejora en estos campos.

La infraestructura y seguridad laboral se evaluaron en conjunto mediante la aplicación de una lista de chequeo para comprobar el cumplimiento de diferentes parámetros necesarios según el Reglamento de centros de recuperación, en el apéndice 4, cuadro 7.14 se puede observar la lista de chequeo y los resultados obtenidos.

4 Resultados y Discusión

A continuación se presentan y analizan los resultados obtenidos durante el desarrollo del estudio según los objetivos planteados. Se realiza un análisis de los datos obtenidos de los estudios de generación y composición de los RSO, además de la evaluación realizada de la gestión de los RS valorizables que realiza la institución a través del (MADI).

4.1 Evaluación del sistema de contenedores para RSO no valorizables

Antes de iniciar con los estudios de generación y composición de residuos se realizó una evaluación del sistema de contenedores utilizados para la disposición de los RSO de la institución, como se mencionó estos contenedores son provistos y propiedad de la empresa Commercial Waste, en la evaluación realizada se tomaron en cuenta aspectos como ubicación y estado de los contenedores, en cuanto al tema de ubicación los contenedores tienen fácil acceso tanto para el camión recolector como para los funcionarios de conserjería que deben llevar los residuos a estos.

En la evaluación del estado de los contenedores se encuentra que son contenedores con una capacidad aproximada de 4 m³, son de metal, y cuentan con dos tapas plásticas, si bien el estado de los contenedores era aceptable a la hora de su revisión, se detectaron opciones de mejora. Los contenedores poseen tapas plásticas para su protección, no obstante en días de lluvia el agua se infiltra llenando el contenedor hasta cierto punto, estos cuentan en la parte trasera inferior izquierda con un tubo de desagüe, sin embargo a la hora de la instalación de los contenedores se colocaron sobre losas de concreto pero no se tomó en cuenta el nivel para el desagüe, por lo que en muchos de los contenedores se presenta la condición de acumulación de agua de lluvia y/o lixiviados como se puede apreciar en la figura 4.1. Debido a la acumulación de lixiviados en estos contenedores se presentan malos olores.

Además como consecuencia de esta situación en muchos contenedores se encontraron focos importantes de vectores, entre ellos zancudos y larvas que pueden llegar a transmitir enfermedades dependiendo de su especie. Si bien la mayoría de contenedores se encuentran retirados, algunos se encuentran cerca de aceras o edificios por lo que pueden presentar problemas a la población. Otro inconveniente encontrado en los contenedores es que las tapas no se pueden asegurar o cerrar con llave, por lo que cualquier persona puede retirar o disponer residuos dentro de los contenedores, situación que se evidenció en el contenedor del Núcleo

Sur donde se encontró una llanta dentro del contenedor, al parecer depositada por terceros que utilizan la entrada sur del TEC que colinda con varias comunidades.

También se pudo observar en ciertos contenedores (contenedor de Transportes y del Parqueo de Diseño) que el volumen depositado era mayor al volumen que puede recibir el contenedor por lo que en varias ocasiones se encontraban mal cerrados y con residuos en las aceras y suelo, provocando de igual manera malos olores, mayor cantidad de lixiviados y hasta exposición a animales como perros, los cuales fácilmente podían romper las bolsas y generar contaminación en los alrededores.



Figura 4.1. Líquidos acumulados en los contenedores de RS no valorizables

4.2 Determinación de cantidad y composición de residuos sólidos ordinarios

En esta sección se muestran los resultados obtenidos en el estudio de generación y composición de residuos realizados en los contenedores destinados a los residuos sólidos ordinarios no valorizables generados en la sede central del TEC, Cartago.

Los estudios de generación y composición se realizaron individualmente para cada contenedor, con el fin de obtener los datos por sector, además de resultados y observaciones más específicas.

A continuación se muestra en el cuadro 4.1 los contenedores existentes y los edificios o sectores que abarca cada uno, además en el apéndice 3 figura 7.2 se muestra la ubicación exacta de cada uno.

Cuadro 4.1. Lista de contenedores de residuos sólidos ordinarios no valorizables

Contenedor	Procedencia de los RSO
Residencias (2 contenedores)	<ul style="list-style-type: none"> • Lavandería • Oficinas • Residencias J1, J2, J3 y J4
Zona Deportiva (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Escuela de Deporte • Centro de las Artes • Gimnasio ASETEC
Parqueo de Diseño Industrial (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas B • CIC • DATIC • Edificio Rectoría • Editorial Tecnológica • Escuela de Computo • Escuela de Diseño Industrial • Financiero Contable
Parqueo Electromecánica (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Escuela de Electromecánica • Escuela Ing. Seguridad Laboral • TEC Digital
Biblioteca (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Biblioteca • CEQIATEC
Unidad de Transporte (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Mantenimiento • ASETEC • Colegio Científico • Estaciones Basura Lago • Kínder TIP TEC • Oficina de Ingeniería • Seguridad y Vigilancia • Soda ASETEC • Taller de Diseño • Unidad de Transportes • Vivero Forestal

Parqueo Aprovisionamiento (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Almacén • Auditoria Interna • Edificio Aulas D3 • Servicios Generales • Soda Casa Luna
Parqueo Electrónica (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas G18 • Edificios F1, F2, F3, F4 y F5 • Edificio F9 (LAIMI 2) • Edificio G2 • Escuela Ing. Agronegocios • Escuela Ing. Electrónica • Planta Piloto
Parqueo Ingeniería en Materiales (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Aulas I6 • Escuela de Materiales • Escuela de Producción Industrial • Taller de Materiales
CIVCO (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • CECO • Ciencias de Lenguaje • CIVCO
Parqueo Ingeniería Ambiental (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • CIB • CIPA • Escuela Ing. Ambiental • Laboratorio Biotecnología
Núcleo Sur (Forestal) (1 contenedor)	<ul style="list-style-type: none"> • Escuela Ing. Forestal • Soda
RESTAURANTE (2 contenedores)	<ul style="list-style-type: none"> • C1 (Aulas especializadas) • Escuela de Administración de Empresas • LAIMI 1 • Quiosco ASETEC • Restaurante

Fuente: Unidad de Conserjería del TEC

Del cuadro 4.1 se puede apreciar que la distribución de los residuos se realiza por cercanía a los contenedores sin seguir ninguna característica en específico en cuanto a similitudes de actividades que realizan los diferentes departamentos o edificios, por lo que en los estudios

de generación y composición de residuos se pudo encontrar en la mayoría de los casos residuos pertenecientes a todas las categorías de clasificación, como se puede apreciar en la figura 4.2 los residuos contienen diversos tipos de plásticos, papel, residuos orgánicos, paquetes metalizados, pajillas e incluso recipientes de estereofón para comidas, siendo todos estos tipos de residuos los encontrados con mayor frecuencia en los diferentes contenedores y la gran mayoría con potencial para ser valorizables o aprovechados por la institución y su programa de reciclaje.



Figura 4.2. Muestra de residuos sólidos durante los muestreos de composición y generación.

A continuación se mostrarán los resultados de los residuos encontrados para cada contenedor por separado y en algunos casos situaciones especiales que presentaban:

4.2.1 Contenedor de Residencias Estudiantiles

El sector de las residencias estudiantiles cuenta con dos contenedores para la disposición de sus residuos, pero se tomó como uno mismo para evaluar todos los residuos, en el caso especial de residencias por ser un sector y población con características únicas al resto de la institución, como la posibilidad de preparar alimentos y vivir de tiempo completo dentro del campus, se realizaron los estudios en fechas específicas para evaluar si los ingresos o presupuesto económico con el que disponían los estudiantes podían influir en la cantidad de residuos generados durante el mes debido al mayor poder adquisitivo a la hora de recibir becas por parte de la institución, por lo que se realizaron los muestreos una semana después del depósito de becas o sea la primer semana del mes y el siguiente muestreo se realizó a final de mes, para fines de identificación de cada semana en el apéndice 2, cuadro 7.2 la semana 1 corresponde a la semana posterior al depósito de beca y la semana 2 a la semana de final de mes.

Cuadro 4.2. Pesos promedio de RSO medidos en los contenedores de Residencias Estudiantiles del TEC

Categoría	Valor Mínimo (kg)	Valor Máximo (kg)	Promedio Semanal (kg)	Promedio Mensual (kg)
Biodegradables	159,92	170,36	165,14±7,38	660,56±29,53
Papel/Cartón	20,02	26,22	23,12±4,38	92,48±17,54
Plásticos	26,24	39,02	32,63±9,04	130,52±36,15
Vidrio	0,99	3,66	2,33±1,89	9,3±7,55
Metales	5,49	8,52	7,01±2,14	28,02±8,57
Textiles, cuero y hule	7,80	10,92	9,36±2,21	37,44±8,82
Polilaminados	4,28	7,64	5,96±2,38	23,84±9,50
Residuos Peligrosos	1,52	2,21	1,87±0,49	7,46±1,95
Residuos eléctricos y electrónicos	0,36	1,54	0,95±0,83	3,80±3,34
Otros componentes	116,50	121,43	118,97±3,48	475,86±13,94
Total	-	-	367,32	1469,28

En el cuadro 4.2 se pueden observar los resultados obtenidos en los muestreos de dichos contenedores, como se puede apreciar las diferencias entre los valores máximos y mínimos y el promedio en cuanto a las cantidades de los diferentes tipos de residuos no son considerables como para establecer que el poder adquisitivo influya de forma drástica en la cantidad de residuos generados por los estudiantes, sin embargo se observaron pequeñas diferencias en cuanto al tipo de materiales que disponían según la semana en que se realizó el muestreo, pero las cantidades y porcentajes de composición presentaron un comportamiento similar, esto se puede apreciar más detalladamente en el apéndice 2, cuadro 7.2.

En la primera semana del mes, semana de depósito de beca para estudiantes, se obtuvo una generación total de residuos de 377.27 kg. De estos residuos el 43% eran biodegradables tales como residuos de comida procesada, frutas y vegetales como piñas, lechugas, coliflor, brócoli, descartados aún completos, lo que indica que hay un alto desperdicio de alimentos. Para disponer residuos biodegradables existen técnicas que se podrían adaptar fácilmente en las residencias estudiantiles, por ejemplo procesos de compostaje, siendo una de las opciones más accesibles con las que se puede trabajar.

La segunda categoría de residuos sólidos que se presentó en mayor cantidad fue la de Otros Componentes, estos materiales representan residuos que no pueden ser reutilizables o reciclables, tal como papel higiénico, papeles sucios con comida, empaques de comida sucios que de ser separados en la fuente podrían ser coprocesados, cajas de cartón de pizza que debido a la contaminación por el alimento es imposible de valorizar, entre otros, es importante recalcar que dentro de este grupo se encontró gran cantidad de empaques metalizados utilizados comúnmente como envoltorios de snacks o bocadillos, este material está compuesto por varias capas que no permiten el reciclaje. La cantidad de residuos de Otros Componentes representó apenas el 32.2% unos 121.43 kg del total de la semana, siendo estos los únicos residuos que deberían ser enviados al relleno sanitario. Durante la primera semana de muestreo se estimó in situ que alrededor de un 79.9% de estos residuos son de baños y sanitarios, los cuales deben sin duda tener como disposición final el relleno sanitario. No obstante, una parte de los residuos restantes se ubicaron dentro de esta categoría debido a la contaminación que presentaban por residuos orgánicos en su mayoría, por lo que con un

adecuado manejo en la fuente de generación estos residuos podrían ser destinados a otras categorías donde podrían ser valorizables mediante reciclaje o coprocesamiento.

En tercer lugar se encuentran los residuos plásticos, que representan un 10.3% del total, en su mayoría son bolsas y botellas que pueden ser recicladas para generar nuevos productos, o bien reutilizadas por los mismos estudiantes para diversos fines. Otra categoría de análisis es el papel y cartón con un 6.9% de la muestra total para la primera semana donde en su mayoría su composición era papel blanco de uso de los estudiantes para sus trabajos y deberes universitarios y cartón en su mayoría de embalaje de diversos productos, estos materiales pueden ser reciclados por el MADI.

En menor proporción se encuentran metales 2.3%, polilaminados 2%, textiles, cuero y hule 2.1%, vidrio 1%, residuos eléctricos y electrónicos 0.4% y residuos peligrosos 0.4%. Dentro de la categoría de metales en su mayoría la composición fueron latas de aluminio y latas de alimentos, estos residuos pueden ser manejados mediante reciclaje. Los polilaminados son los envases tetra brik, que también pueden ser aprovechados en su totalidad. Los elementos de vidrio también pueden ser coprocesados o reciclados. Los residuos eléctricos y electrónicos deben disponerse adecuadamente para que sean enviados a centros especializados en este tipo de residuos. Los desechos de las categorías textil y peligrosos deben de ser dispuestos en el relleno, no obstante, estos segundos según su naturaleza generalmente requieren un tratamiento previo antes de ser dispuestos.

Para la segunda semana de muestreos, es decir la tercera semana del mes, se clasificaron 357,37 kg lo cual representa 19,90 kg menos con respecto a la primera semana. Se esperaba que se diera una reducción de residuos conforme avanzara el mes ya que el poder adquisitivo de los estudiantes podría disminuir también. Sin embargo, la generación de residuos biodegradables aumentó 10,44 kg.

Nuevamente la categoría de biodegradables con un 47,7% aproximadamente fue la categoría con mayor cantidad de residuos, donde se pesaron equivalente a 170,36 kg; el aumento de 10,44 kg con respecto a la primera semana de análisis se puede ver reflejada en la disposición de frutas y vegetales, que se encontraban en proceso de descomposición, desechados en algunos casos en la totalidad de la fruta o la verdura, además de desechos de arroz, frijoles, pastas, desperdicios de carnes, entre otros.

La segunda categoría que se presenta en mayor cantidad es la de Otros Componentes con el 32,6% equivalente a 116,5 kg; con respecto a la primer semana de clasificación se evidencia una disminución de 4,93 la cual sigue siendo una cantidad de material considerable, por otra parte se pudo observar que de igual manera a la primer semana de muestreo el comportamiento de estos residuos se mantiene en que gran parte de estos está compuesto por papel higiénico.

En tercer lugar en la clasificación se encuentran los plásticos con una cantidad de 26,24 kg en dicha semana, en comparación con la primer semana se obtiene una disminución de 12,78 kg siendo la categoría en donde dio una mayor reducción, sin embargo la composición de los residuos en esta categoría se mantiene con una gran cantidad de botellas de refrescos, aceite de cocina y bolsas de supermercado, los cuales pueden ser valorizados por medio del programa MADI de la institución y actualmente están siendo enviados al relleno sanitario.

De igual manera los residuos de papel y cartón se encuentran en una cantidad considerable con 20,02 kg de residuos siendo en su mayoría reciclables, como dato a destacar se evidenció que con el avance del semestre muchos de los estudiantes optan por desechar cuadernos de examen y convencionales, hojas en blanco utilizadas en prácticas, folletos y otros materiales utilizados durante el semestre y sus diferentes evaluaciones, por lo que aquí se presenta un gran foco de generación de residuos valorizables que en muchos casos son dispuestos de forma errónea por parte del estudiantado.

Los residuos de las categorías restantes presentaron variaciones mínimas en comparación con la primera semana de muestreo, sin embargo se debe tener en cuenta que varios de esos residuos son de igual manera valorizables y podría evitarse su disposición en el relleno.

Ahora bien, según lo presentado se puede apreciar que la capacidad adquisitiva de los estudiantes al recibir beca socioeconómica no influye de manera significativa en la cantidad generada de residuos; partiendo de esto se realiza un análisis global de los resultados obtenidos en este contenedor a partir del cálculo de la generación semanal y mensual promedio de cada categoría de residuos mostrado en el cuadro 4.2, así como los promedios generales totales, dando como resultado un promedio semanal de 367,32 kg, para una estimación mensual de 1469,28 kg.

En el caso del área de residencias por ser un sector de la institución exclusivo para los estudiantes que gozan de esta ayuda su población es definida, en el momento en que se

realizaron los estudios se contaba con la presencia de 202 estudiantes, partiendo de esta población se puede estimar la producción per cápita (PPC), el cual es un índice muy importante de estimar al realizar estudios de generación, ya que permite evaluar a la población en sí y buscar alternativas para mejorar el manejo de los residuos, en este caso la PPC se estima para 0,25 kg/habitante*día, el cual es un valor inferior al valor de la PPC de los habitantes de Costa Rica en general, ya que según estimaciones de PRESOL (2008) el promedio en el país sería de 1,13 kg/habitante*día para el año 2016, por lo que la producción per cápita se encuentra por debajo de lo estimado, sin embargo hay factores que se deben tomar en cuenta como lo son las horas efectivas que permanece el estudiante en las instalaciones y uso de comedores o sodas institucionales que podrían mermar la cantidad de residuos producidos en las residencias.

En la figura 4.3 se aprecia la distribución porcentual de los resultados obtenidos en los muestreos, en esta figura se evidencia que solamente un 32% pertenece a la categoría de Otros Componentes, los cuales son los residuos que deberían disponerse en un relleno sanitario, semanalmente se producen 118,97 kg de residuos ordinarios, lo que mensualmente sería cerca de media tonelada de residuos (475,86 kg), por otra parte se observa que cerca de la mitad de los residuos son biodegradables representando un 45% del total, este comportamiento en un sector como las residencias es de esperarse, debido a que las condiciones de estadía y posibilidad de preparación de alimentos propician las condiciones para que la producción de este tipo de residuos sea alta, sin embargo en los estudios se evidenció que muchos de los residuos eran alimentos enteros desechados debido a vencimiento o descomposición, otra parte de estos eran alimentos ya procesados sobrantes, comida empacada, cáscaras de verduras y otros, por lo que se determina que la composición de estos residuos puede ser apta para el desarrollo de algún proyecto de aprovechamiento de residuos orgánicos como compostaje, ya que semanalmente se produce un promedio de 165,14 kg de material.

En menor cantidad se encontraron semanalmente un promedio de residuos de plástico 32,63 kg, papel y cartón 23,12 kg, vidrio 2,33 kg, metales 7,01 y polilaminados 5,96 kg que son residuos que actualmente el programa MADI clasifica y acondiciona en sus instalaciones, por lo se estima que alrededor de 71,04 kg semanales o sea 20% de los residuos de este contenedor podrían ser valorizables y evitar así un mayor impacto al ambiente, el sector de

residencias cuenta con sitios para la separación y clasificación de residuos y a través del departamento ambiental de la institución se han realizado actividades que involucran a los estudiantes en educación ambiental, por lo que aparentemente la mala disposición de los residuos pueda deberse a cierta parte de la población que aún no se preocupa por un adecuado manejo de sus residuos.

En cuanto al caso de residuos de eléctricos y electrónicos se encontraron materiales como teclados, “mouse” y cargadores en mal estado, si bien la cantidad encontrada no fue significativa son residuos que requieren de un manejo especial. Por parte de los residuos peligrosos es su mayoría eran residuos de medicamentos, baterías o pilas desechables, estos residuos no deberían ser dispuestos de manera que lleguen a un relleno sanitario sin el tratamiento necesario, por lo que se deben de manejar de forma especial.

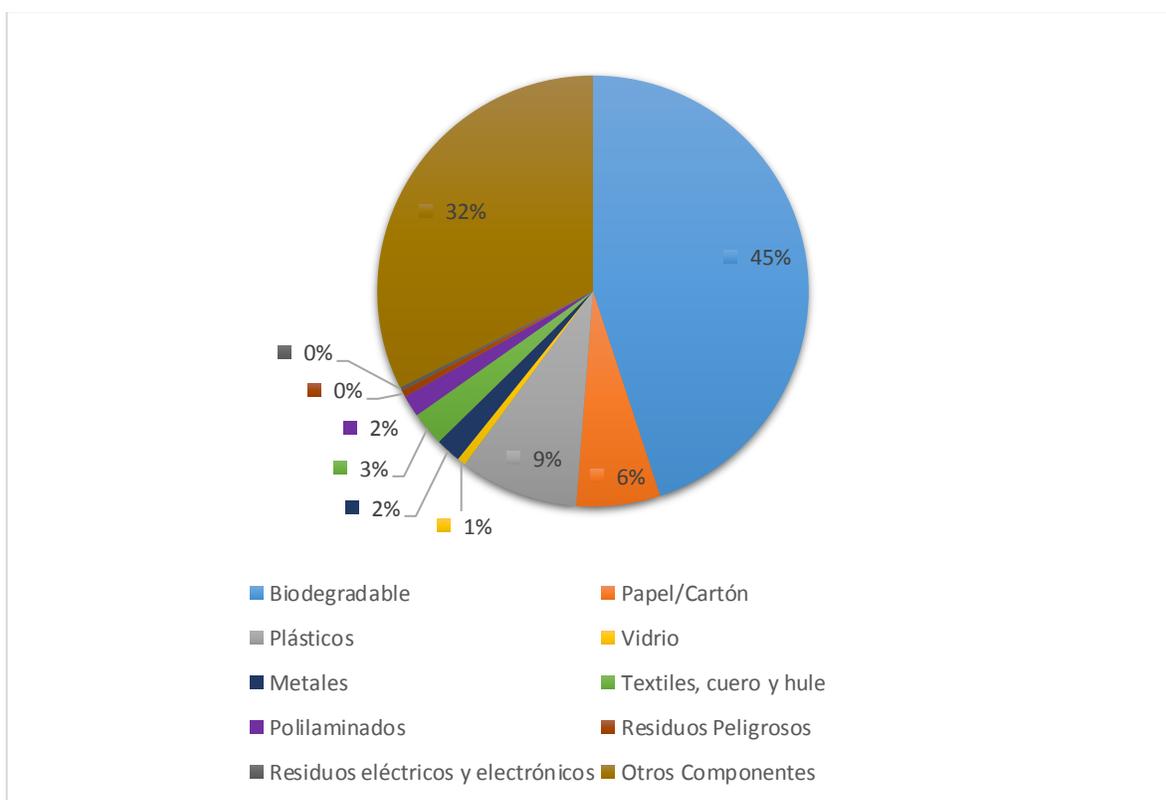


Figura 4.3. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en los contenedores de Residencias Estudiantiles

4.2.2 Contenedor Zona Deportiva

Otro de los contenedores a analizar es el ubicado en la zona deportiva, este contenedor a pesar de recibir residuos de pocos edificios por estar en una zona donde asisten grandes cantidades de personas por las actividades deportivas y culturales que se desarrollan en el centro de las artes, gimnasio institucional, gimnasio de ASETEC y además de recibir residuos los fines de semana, debido a la gran afluencia de personas a las áreas deportivas de la institución que provoca que las cantidades manejadas en este contenedor sean bastante altas, generando un promedio de 285,98 kg de residuos semanales, superando la tonelada al mes como se puede ver en el cuadro 4.3, además dentro de las categorías de residuos que se presentan en mayor cantidad se encuentran los residuos biodegradables, papel y cartón, plástico y otros componentes.

Cuadro 4.3. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor de Zona Deportiva

Categoría	Valor Mínimo (kg)	Valor Máximo (kg)	Promedio Semanal (kg)	Promedio Mensual (kg)
Biodegradables	112,73	132,20	122,47±13,77	489,86±55,07
Papel/Cartón	22,20	26,25	24,23±2,86	96,9±11,46
Plásticos	24,18	28,12	26,15±2,79	104,6±11,14
Vidrio	0,00	0,18	0,09±0,13	0,36±0,51
Metales	0,37	0,48	0,43±0,08	1,7±0,31
Textiles, cuero y hule	0,00	0,18	0,09±0,13	0,36±0,51
Polilaminados	3,18	3,94	3,56±0,54	14,24±2,15
Residuos Peligrosos	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Residuos eléctricos y electrónicos	0,10	3,34	1,72±2,29	6,88±9,16
Otros componentes	104,35	110,15	107,25±4,10	429,00±16,40
Total	-	-	285,98	1143,9

En el cuadro 4.3, se puede observar que durante los muestreos se obtuvo un promedio de 122,47 kg de residuos biodegradables semanalmente, lo que representa alrededor de un 43% del total. Como se puede ver en la figura 4.4, la gran cantidad de residuos biodegradables u

orgánicos se debe a la soda ubicada en este sector, durante la elaboración de los muestreos se visitó la soda con el fin de conocer la forma en la que disponían sus residuos, en dicha soda se indicó y se pudo corroborar que los sobrantes de comida tanto de la preparación de alimentos como de las personas son recolectados en la soda y guardados en un recipiente específico, estos son llevados posteriormente por una persona externa a la institución como alimento para cerdos. Ahora bien, en los muestreos se logró encontrar grandes cantidades de alimentos ya procesados, cáscaras de huevo y otros sobrantes que a pesar de la recolección dada en la soda siguen siendo vertidos en los contenedores institucionales, muchos de estos residuos estaban mezclados con plásticos, cajas y demás materiales, de esta manera se puede suponer que no están siendo separados en la fuente por parte de los funcionarios de la soda o por los usuarios del servicio de alimentación a la hora de disponer ciertos residuos, por lo que podría ser importante establecer lineamientos más rigurosos para la separación de los residuos orgánicos en las diferentes sodas ya que representan una cantidad y volumen considerable en los residuos que son enviados al relleno.

Otras categorías importantes a destacar son los residuos de plástico, papel y cartón, en cuanto a los residuos de plásticos se pudo observar grandes cantidades de botellas, empaques, pajillas y vasos de batidos, estos dos pueden deberse al local que se encuentra ubicado en el gimnasio ASETEC que se especializa en vender estos productos; además en diversas ocasiones se encontraron grandes cantidades de envases plásticos de aceite de cocina, estos además de la contaminación que generan por si solos con el plástico, venían con restos por lo que se contaminaban los demás residuos, por otro lado los residuos de aceites por sus características son capaces de contaminar amplias zonas de terreno y grandes volúmenes de agua, lo que implica un gran problema ambiental.

Es importante detallar que la cantidad generada es de 28,12 kg en promedio por semana, pero se debe visualizar que la masa de estos residuos es muy baja en comparación con su volumen, por lo que para alcanzar estos pesos la cantidad de residuos plásticos debe ser muy alta.

De igual manera en este contenedor se pudo observar una gran cantidad de residuos en la categoría de papel y cartón 26,25 kg, de estos en su mayoría eran cajas de cartón corrugado, que por las marcas de los productos se puede asumir que son provenientes de los productos comprados por la soda, además en uno de los días de muestreos se pudo corroborar a uno de los empleados de la soda disponiendo una gran cantidad de cajas en el contenedor. Otros

residuos de importancia son los polilaminados que presentan una producción semanal promedio de 3,56 kg de residuos, esta cantidad se puede deber a los productos vendidos en la misma.

Es importante considerar que estos materiales son residuos que procesa el MADI para su valorización, sumando la categoría de plásticos, papel y cartón, polilaminados, vidrio y metales se obtiene que más del 18%, es decir un promedio de 54,45 kg semanales son enviados al relleno sanitario pudiendo ser valorizados, uno de los aspectos que puede influir en esta falta de separación es la ausencia de puntos de clasificación, ya que la soda cuenta únicamente con recipientes para orgánicos, plástico, papel y cartón, sin embargo están enfocados a recibir los residuos de los usuarios a la hora de las comidas, puesto que se encuentran en la zona donde se dejan los platos y utensilios utilizados, por lo que cierta población de usuarios no disponen de fácil acceso o visibilidad a esta zona de clasificación, lo que puede propiciar la disposición de residuos valorizables en basureros comunes.

En el caso de residuos peligrosos se encontraron materiales como baterías usadas y medicamentos vencidos, en cuanto a los residuos eléctricos y electrónicos se encontraron cargadores y partes de computadores dañadas.

En la figura 4.4 se puede apreciar que si los residuos biodegradables fueran aprovechados en compost o algún tratamiento similar y los residuos valorizables por el MADI fueran adecuadamente separados y enviados el centro de acopio sólo un 38% de los residuos deberían ir al relleno sanitario.

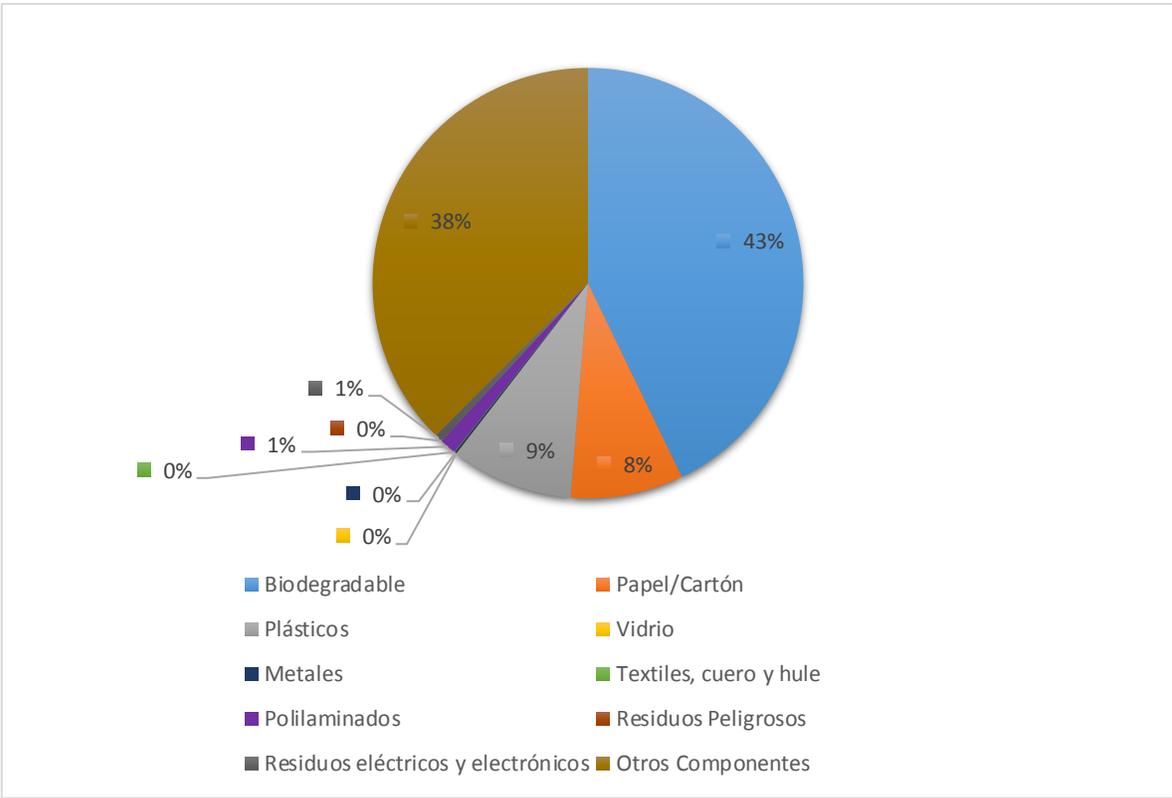


Figura 4.4. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor de Zona Deportiva.

4.2.3 Contenedor del Parqueo de Diseño Industrial

El contenedor del Parqueo de Diseño Industrial recibe residuos de distintos departamentos de una diversa variedad de actividades que se desarrollan en la institución, ya que abarca aulas, oficinas y áreas administrativas, por lo que los residuos encontrados son muy diversos. Debido este gran número de edificios la cantidad de residuos promedio generada en este sector es bastante alta, alcanzando los 331,63 kg por semana, para un total aproximado de 1326,50 kg al mes como se puede apreciar en el cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Diseño Industrial

Categoría	Valor Mínimo (kg)	Valor Máximo (kg)	Promedio Semanal (kg)	Promedio Mensual (kg)
Biodegradables	34,91	36,28	35,60±0,97	142,38±3,87
Papel/Cartón	28,19	28,49	28,34±0,21	113,36±0,85
Plásticos	14,59	17,02	15,81±1,72	63,22±6,87
Vidrio	0,60	0,90	0,75±0,21	3,00±0,85
Metales	1,26	1,44	1,35±0,13	5,40±0,51
Textiles, cuero y hule	0,00	0,21	0,11±0,15	0,42±0,59
Polilaminados	5,93	6,16	6,05±0,16	24,18±0,65
Residuos Peligrosos	0,08	0,30	0,19±0,16	0,76±0,62
Residuos eléctricos y electrónicos	0,16	0,68	0,42±0,37	1,68±1,47
Otros componentes	235,22	250,83	243,03±11,04	972,1±44,15
Total	-	-	331,63	1326,50

Como se puede ver en la figura 4.5 en este contenedor los residuos pertenecientes a la categoría de Otros Componentes fue la que se presentó en mayor cantidad con 243,03 kg en promedio por semana, representando un 73% de los residuos, este es el comportamiento que se esperaría en un estudio de composición destinado a residuos sólidos no valorizables, entre los materiales que se encontraron en mayor cantidad fueron papeles de servicios sanitarios, empaques metalizados y gran cantidad de empaques de estereofón utilizados en comida para llevar. Analizando el área que abarca el contenedor esta gran cantidad de recipientes de

estereofón se puede deber a la compra de alimentos para llevar por parte de los funcionarios de las diferentes escuelas y departamentos administrativos que se encuentran en el sector, es de suma importancia reducir este tipo de residuo, ya que genera un alto impacto ambiental. En las sodas ubicadas dentro del campus que no son administradas por la institución se debe corroborar que no se dé el uso de este tipo de material como empaque de comidas, además se debe evaluar los puestos de comida que eventualmente se encuentran en la institución durante actividades como la semana de bienvenida de estudiantes, Festec, entre otros, ya que estos locales suelen utilizar este tipo de empaque para comida.

En relación a esta situación se encontró una cantidad considerable de residuos biodegradables los cuales en su mayoría eran restos de comida y frutas, semanalmente se promedió 35,60 kg, según las características de los residuos encontrados estos podrían ser utilizados en compostaje, ya que son residuos de alimentos procesados o cocinados, frutas y cáscaras ideales para este tipo de aprovechamiento.

En este sector se encontró una gran cantidad de residuos de papel y cartón alrededor de 28,34 kg semanales, las características de los mismos eran papel blanco y cajas de cartón corrugado, esto se puede deber a las actividades que se desarrollan en los edificios que se encuentran en esta área ya que se encontró mucho papel de trámites administrativos, prácticas de estudiantes, exámenes y folletos.

Los residuos plásticos y polilaminados también se hallaron en cantidades importantes 15,81 y 6,05 kg respectivamente, la categoría de plástico estaba compuesta básicamente por botellas de refrescos, bolsas y empaques. También se encontró una cantidad considerable de metales en su mayoría latas de aluminio de bebidas y algunas de conserva como atunes.

De lo anterior se puede estimar que alrededor del 16% de los residuos podrían ser reciclados o valorizados, lo que equivale aproximadamente a 52,29 kg semanales que están siendo tratados en el relleno. Durante los muestreos se pudo observar que la mayoría de estos residuos se encontraban en condiciones óptimas para ser valorizados a través del reciclaje, por lo que es evidente que el problema se encuentra en la separación inadecuada por parte de los usuarios. En los alrededores de esta zona se encuentran varios sitios de clasificación de residuos valorizables como baterías y mini baterías o puntos ecológicos, sin embargo estos se encuentran afuera de los edificios, por lo que la población debe llevar sus residuos hasta dichos lugares. Según lo observado en los muestreos, en las bolsas grandes donde venían los

residuos, estos se encontraban separados en bolsas más pequeñas, donde venían aparte los residuos como papel sanitario de bolsas con residuos de papel blanco o plástico, por lo que se puede pensar que son residuos provenientes de basureros dentro de oficinas, aulas y pasillos. De este modo se debe considerar reforzar los sistemas de recolección de residuos valorizables de modo que faciliten e incentiven al usuario a mejorar la separación en la fuente, lo cual no se está ejecutando en muchos de los departamentos institucionales.

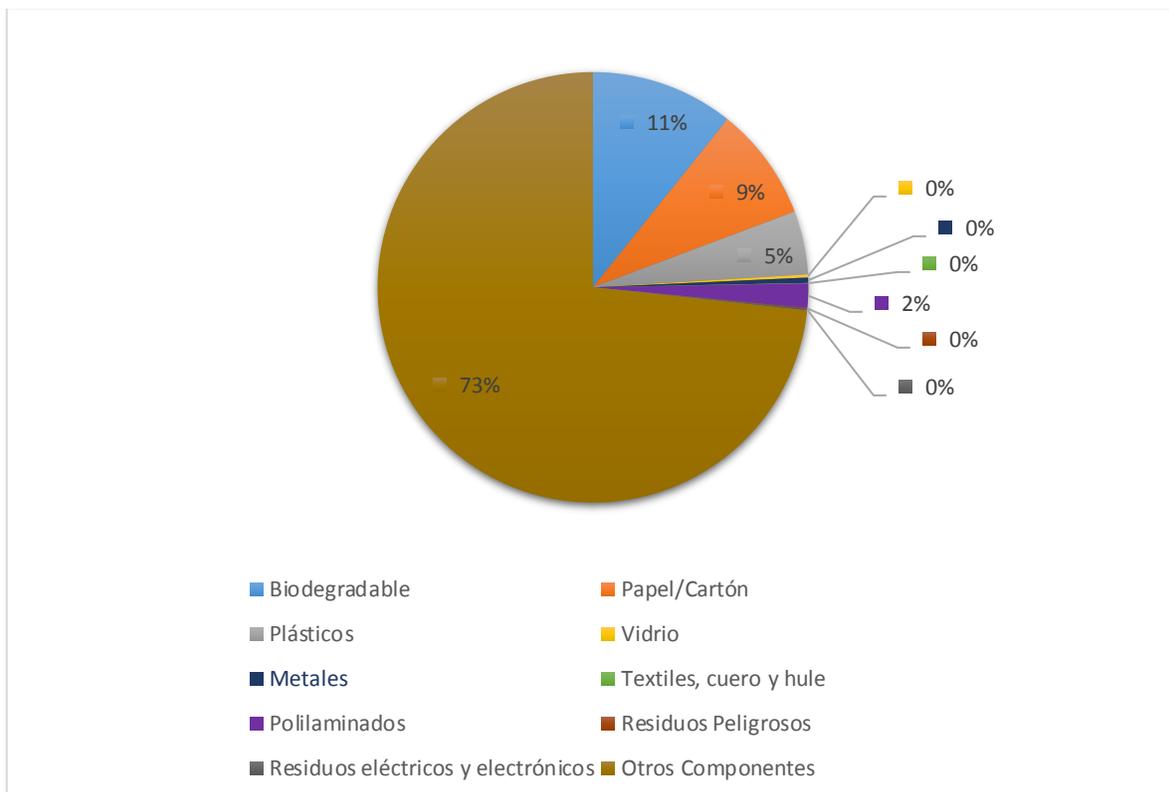


Figura 4.5. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parque de Diseño Industrial

4.2.4 Contenedor del Parqueo Electromecánica

El contenedor del parqueo de electrónica recibe residuos de pocos edificios, dentro de ellos la Escuela de Ing. Electromecánica y de Ing. en Seguridad Laboral, así como del TEC Digital, zonas sanitarias y pasillos del área por lo que al ser pocos edificios la cantidad generada semanalmente fue de 140,51 kg como se puede observar en el cuadro 4.5, siendo inferior a las cantidades generadas en otros contenedores.

Dicha situación evidencia una mala distribución de los residuos en los contenedores, ya que algunos son insuficientes para la cantidad de residuos que reciben provocando problemas como los mencionados en la sección 4.1.

Cuadro 4.5. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo Electromecánica

Categoría	Valor	Valor Máximo	Promedio	Promedio
	Mínimo (kg)	(kg)	Semanal (kg)	Mensual (kg)
Biodegradables	4,08	5,44	4,76±0,96	19,04±3,84
Papel/Cartón	9,57	12,64	11,11±2,17	44,42±8,68
Plásticos	8,11	9,01	8,56±0,64	34,24±2,55
Vidrio	0,10	0,22	0,16±0,08	0,64±0,34
Metales	1,19	4,06	2,63±2,03	10,50±8,12
Textiles, cuero y hule	0,59	1,02	0,81±0,30	3,22±1,12
Polilaminados	3,46	4,46	3,96±0,71	15,84±2,83
Residuos Peligrosos	0,54	0,80	0,67±0,18	2,68±0,74
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	1,60	0,80±1,13	3,20±4,53
Otros componentes	102,78	111,35	107,07±6,06	428,26±24,24
Total	-	-	140,51	562,04

En la figura 4.6 se puede apreciar que los residuos de la categoría Otros Componentes conforman el 76% del peso total, lo cual es un indicador positivo en cuanto a la adecuada disposición que se está dando dicho sector, ya que refleja que los residuos están siendo separados y clasificados valorizarlos. De los residuos analizados la mayoría correspondía a

papeles de servicios sanitarios, empaques metalizados y algunos recipientes de estereofón en su mayoría de embalaje de comida para llevar.

Hay varias opciones para clasificar residuos valorizables (baterías de reciclaje) cerca de los edificios que disponen sus residuos en este contenedor, lo que influye positivamente en la captación de estos materiales. Aun así los residuos valorizables representan el 19% del total, evidenciándose la necesidad de trabajar en la recuperación de estos residuos, ya que semanalmente se envían alrededor de 26,41 kg de residuos valorizables al relleno sanitario, siendo los residuos plásticos y papel y cartón los que se encuentran en mayor cantidad.

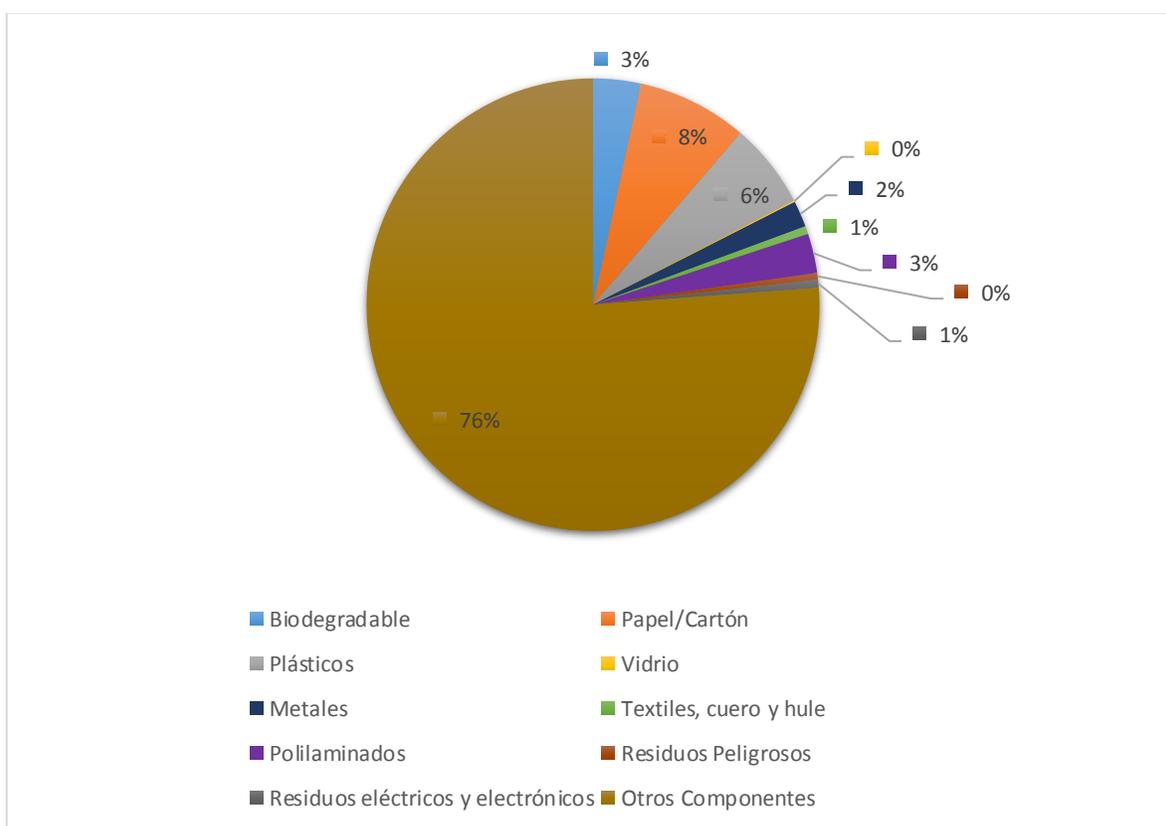


Figura 4.6. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parque Electromecánica

4.2.5 Contenedor de la Biblioteca

El contenedor ubicado en las cercanías de la biblioteca de la institución recibe residuos de este edificio y del CEQIATEC, en el cuadro 4.6 se puede apreciar que su generación semanal apenas alcanza los 95,44 kg. Se debe tomar en cuenta que los residuos provenientes del CEQIATEC son ordinarios, ya que los residuos peligrosos que se generan en los laboratorios son tratados de forma independiente bajo los lineamientos adecuados.

Cuadro 4.6. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor de la Biblioteca

Categoría	Valor Mínimo (kg)	Valor Máximo (kg)	Promedio Semanal (kg)	Promedio Mensual (kg)
Biodegradables	6,46	6,50	6,48±0,03	25,92±0,11
Papel/Cartón	14,06	19,69	16,88±3,98	67,50±15,92
Plásticos	5,11	8,30	6,71±2,26	26,82±9,02
Vidrio	0,00	0,79	0,40±0,56	1,58±2,23
Metales	0,99	1,16	1,08±0,12	4,30±0,48
Textiles, cuero y hule	1,49	3,23	2,36±1,23	9,44±4,92
Polilaminados	2,08	2,21	2,15±0,09	8,58±0,37
Residuos Peligrosos	0,00	0,23	0,12±0,16	0,46±0,65
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Otros componentes	55,70	62,87	59,29±5,07	237,14±20,28
Total	-	-	95,44	381,74

Según lo observado en la figura 4.7 los residuos de Otros Componentes asumen el 62% de la muestra, en este contenedor la mayoría de residuos fueron papel higiénico y envolturas metalizadas, por las características de los edificios de este contenedor se da el tránsito de grandes cantidades de personas durante el día, por lo que a pesar de ser sólo dos edificios se genera una cantidad considerable de residuos de este tipo.

Por otro lado se pudo ver que en este sector se genera una gran cantidad de residuos de papel y cartón, 16,88 kg por semana, representando un 18% del total, durante los muestreos se pudo

constatar que la mayoría de materiales de esta categoría era papel blanco de folletos, hojas utilizadas para trabajos o prácticas de estudiantes, exámenes entre otros; dada la procedencia es claro que el origen principal de estos materiales es la biblioteca.

Otros residuos encontrados en cantidades importantes fueron los plásticos, polilaminados y metales con 7%, 2% y 1% respectivamente, debido a la gran cantidad de estudiantes que utilizan las instalaciones y la presencia de una soda cercana, se presentan volúmenes altos de botellas plásticas de refrescos, paquetes de diversos productos y jugos tetra brik de la categoría de residuos polilaminados.

Según los datos obtenidos el 28% de los residuos encontrados en este contenedor pueden ser tratados mediante reciclaje u otras alternativas, lo que representa 27,22 kg semanales, este resultado evidencia la mala disposición por parte de la población, ya que en este sector se encuentran baterías de reciclaje tanto en la biblioteca como en el CEQIATEC, además de algunas otras en los pasillos cercanos al comedor y pretil, de este modo se aprecia que a pesar de tener los medios, cierta parte de la población no practica la separación.

Los residuos biodegradables encontrados correspondían al 7% del total, entre los materiales encontrados los principales fueron frutas y restos de alimentos procesados o empaquetados.

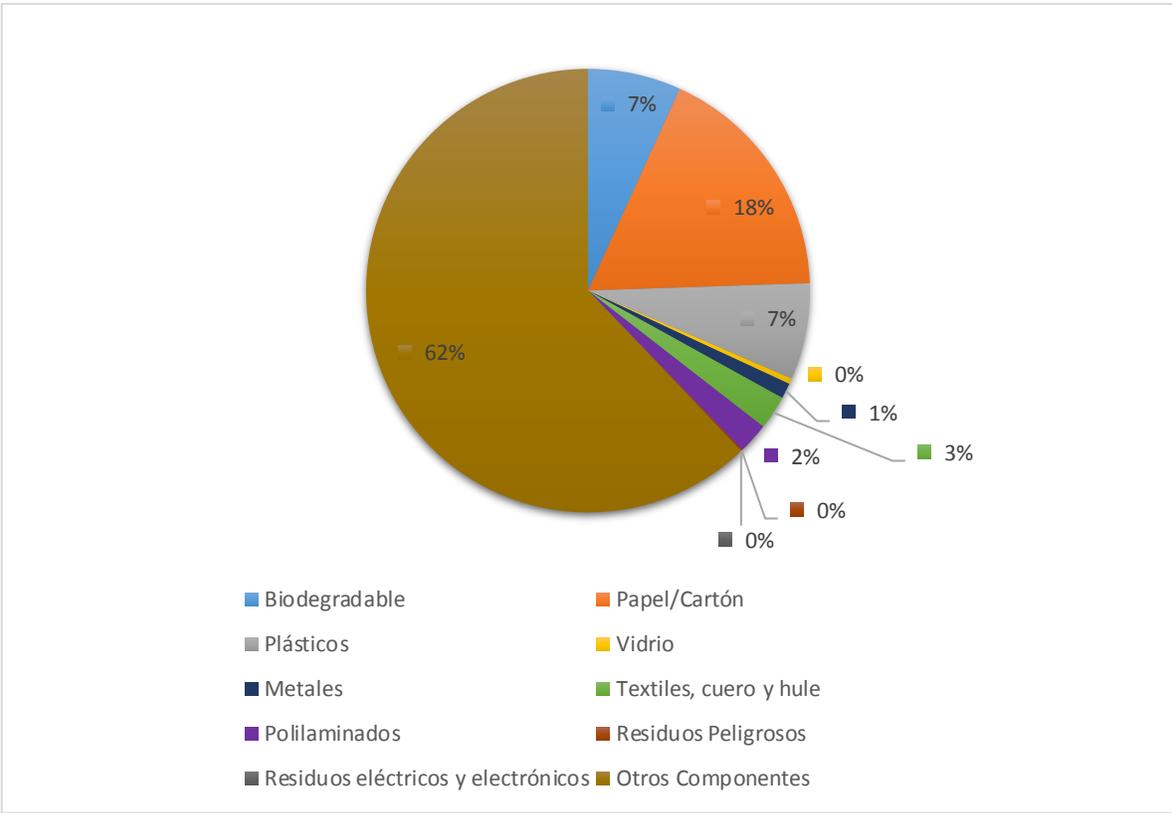


Figura 4.7. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor de la Biblioteca

4.2.6 Contenedor de la Unidad de Transporte

El contenedor ubicado en las cercanías de la Unidad de Transporte fue el que contó con la mayor cantidad de residuos del campus y además se presentó altas cantidades de muchas de las categorías del estudio, esto se debe al gran número de edificios que abarca este contenedor, recibiendo de edificios de diferentes características, labores y gran movimiento de funcionarios y estudiantes por lo que contribuye a una variedad amplia de materiales.

En el cuadro 4.7 se detallan los resultados obtenidos en los muestreos de generación y composición, semanalmente se genera una cantidad de residuos cercana a media tonelada, 434,76 kg por semana.

Cuadro 4.7. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor de la Unidad de Transporte

Categoría	Valor Mínimo (kg)	Valor Máximo (kg)	Promedio Semanal (kg)	Promedio Mensual (kg)
Biodegradables	138,58	140,25	139,42±1,18	557,66±4,72
Papel/Cartón	7,98	24,55	16,27±11,72	65,06±46,87
Plásticos	30,56	30,60	30,58±0,03	122,32±0,11
Vidrio	1,04	1,06	1,05±0,01	4,20±0,06
Metales	1,49	5,26	3,38±2,67	13,50±10,66
Textiles, cuero y hule	0,86	2,10	1,48±0,88	5,92±3,51
Polilaminados	6,32	6,46	6,39±0,10	25,56±0,40
Residuos Peligrosos	8,95	15,00	11,98±4,28	47,9±17,11
Residuos eléctricos y electrónicos	0,07	1,56	0,82±1,05	3,26±4,21
Otros componentes	202,04	244,78	223,41±30,22	893,64±120,89
Total	-	-	434,76	1739,024

Según lo visto en el la figura 4.8 la composición de los residuos en este contenedor se centra principalmente en residuos biodegradables y Otros componentes; respecto a los residuos orgánicos se obtuvo un promedio por semana de 139,42 kg lo que equivale a un 32%, esta cantidad se atribuye a que este contenedor recibe desechos de la soda que se encuentra cerca del lago del campus, esta soda vende alimentos y productos procesados, por lo que los restos

de estos son depositados en el contenedor disponiéndose finalmente como residuos no valorizables son trasladados al relleno, como se había mencionado los residuos provenientes de las sodas presentan características que podrían permitir su uso, por ejemplo, en proyectos de compost para generación de abonos orgánicos.

Durante los muestreos se obtuvieron grandes cantidades de residuos valorizables como, plásticos con un 7% para 30,58 kg semanales en forma de empaques, numerosas botellas de diferentes refrescos, bolsas y una muy importante cantidad de vasos de batidos junto con su pajilla. En los últimos años se han presentado diversos reportes de los daños que generan los residuos plásticos pero en especial las pajillas a la fauna silvestre, debido a que se trasladan al mar fácilmente.

Otros residuos valorizables que están siendo dispuestos inadecuadamente son el papel y cartón, alcanzando a cantidades de 16,27 kg a la semana conformado de papel blanco que al parecer provienen del sector administrativo y estudiantil, además una cantidad considerable de cajas de cartón provenientes de la soda o algunos departamentos como talleres que reciben activos embalados en cajas. Además, se pudo observar residuos de jugos tetra brik (polilaminados) con 6,39 kg a la semana (2%) generados probablemente por la soda del Lago de Asetec, también residuos metálicos como latas de refrescos, latas de conserva y algunos recipientes metálicos de otros tipos con una generación de 3,38 kg por semana y algunos recipientes de vidrio que también pueden ser separados para reciclaje. Se estimó que un 13%, lo que equivale a 57,67 kg por semana, son residuos que se pueden reciclar o coprocesar mediante la labor de separación y acondicionamiento del MADI.

Como detalle importante en este contenedor se encontró una gran cantidad de residuos peligrosos, estos residuos eran provenientes de la clínica de la institución, ya que las bolsas de residuos contenían jeringas, agujas, vendas y algodones en algunos casos incluso manchados de sangre por lo que se consideran bioinfecciosos y como tales de carácter peligroso. Se debe verificar la disposición de estos residuos en los contenedores, ya que se debería dar un tratamiento por separado al ser residuos hospitalarios, se desconoce si estos residuos fueron a parar al contenedor de forma accidental o si así está estipulado, pero se encontraron ambas semanas de muestreo.

Por último la cantidad de residuos de Otros Componentes fue de 223,41 kg por semana en promedio, para un 51% del total, a pesar de la gran cantidad de edificios que abarca este

contenedor y la alta generación en esta categoría como papel higiénico y empaques metalizados por la soda, un factor que elevó el peso fue la cantidad de pañales provenientes de kínder TIP TEC, los cuales aportan una cantidad alta de kilogramos, ya que presentan un mayor peso que otros residuos sanitarios. Por otro lado, en este contenedor se pudo encontrar nuevamente recipientes de estereofón para comidas y estereofón utilizado también en embalaje de productos.

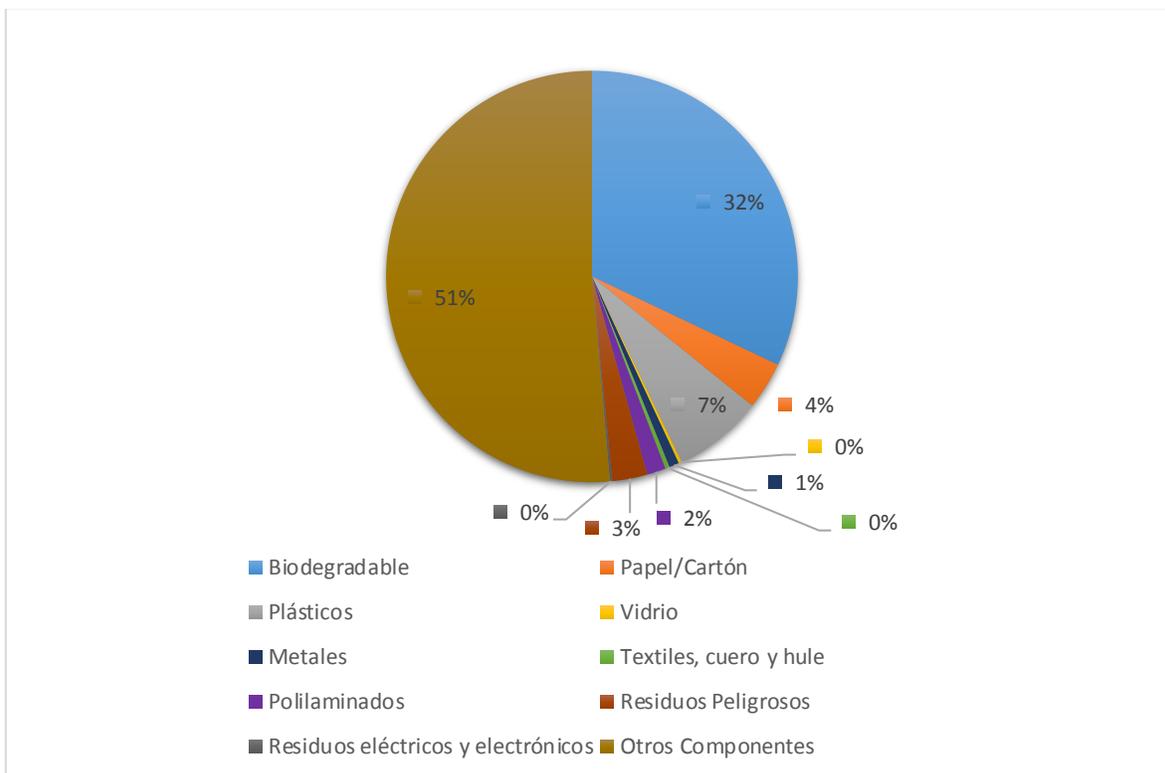


Figura 4.8. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor de la Unidad de Transporte

4.2.7 Contenedor del Parqueo de Aprovisionamiento

En el caso del contenedor ubicado en la zona de aprovisionamiento también se presentó una cantidad significativa de residuos, superando la tonelada mensual, según el promedio con un valor de 306,49 kg a la semana y 1225,95 por mes, estos valores se pueden ver en el cuadro 4.8.

Cuadro 4.8. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Aprovisionamiento

Categoría	Valor Mínimo (kg)	Valor Máximo (kg)	Promedio Semanal (kg)	Promedio Mensual (kg)
Biodegradables	102,40	116,74	109,57±10,14	438,28±40,56
Papel/Cartón	22,90	38,08	30,49±10,73	121,96±42,94
Plásticos	30,90	35,30	33,10±3,11	132,40±12,45
Vidrio	0,24	1,14	0,69±0,64	2,76±2,55
Metales	2,66	2,78	2,72±0,08	10,88±0,34
Textiles, cuero y hule	0,04	1,68	0,86±1,16	3,44±4,64
Polilaminados	6,94	7,20	7,07±0,18	28,28±0,74
Residuos Peligrosos	0,08	9,00	4,54±6,31	18,16±25,23
Residuos eléctricos y electrónicos	1,50	5,32	3,41±2,70	13,64±10,80
Otros componentes	104,40	123,68	114,04±13,63	456,16±54,53
Total	-	-	306,49	1225,96

Este contenedor recibe también residuos provenientes de la soda Casa Luna por lo que evidenció una gran cantidad de residuos orgánicos, según los muestreos realizados se generan 109,57 kg del total de desechos de este tipo para un 36%. Como se puede apreciar en la figura 4.9, nuevamente se ve la posibilidad de captar estos residuos y ser utilizados en programas de compost. La administración de esta soda es la misma que la de la soda ubicada cerca del gimnasio, por lo tanto se indicó que los desechos generados en la cocina y restos de alimentos de los usuarios son recolectados y dados a una persona externa para ser utilizados como alimento de animales, no obstante según lo visto durante los muestreos gran cantidad de

residuos son enviados al contenedor mezclados con otros materiales por parte de la soda, otro aspecto a detallar es que se da la presencia de residuos de aceite en conjunto con los restos de alimentos, por lo que se puede generar una alta contaminación debido a este tipo de líquidos.

En cuanto a la cuantificación de residuos valorizables en este sector se encontró gran cantidad de residuos de este tipo, representando un 24% del total, equivalente a 74,07 kg a la semana. Como principales componentes los residuos plásticos con 33,10 kg por semana y de papel y cartón con 30,49 kg semanales, para un total de 11 y 10 % respectivamente, por los residuos analizados se pueden relacionar los materiales encontrados en estas categorías al taller de publicaciones, por lo que es importante analizar el manejo de residuos en este departamento, además de los residuos usualmente encontrados como botellas y empaques plásticos y papel blanco. Otro tipo de residuos que se genera en cantidad importante en esta zona son los polilaminados, los cuales están siendo desechados de manera incorrecta con los residuos no valorizables, en este sector por la influencia de la soda hay gran consumo de este tipo de materiales, sin embargo las posibilidades de clasificación de residuos son pocas cerca de la fuente.

Basados en los tipos de residuos encontrados en las categorías de metal, se puede decir que estos se deben a los departamentos de áreas como el taller de publicaciones y aprovisionamiento, ya que en su mayoría eran latas de envases de productos consumidos para maquinaria o equipo, además de las latas de aluminio usualmente encontradas.

En este contenedor se encontraron materiales comunes como papeles, cartones, trozos de tela o bien latas que usualmente entrarían en otras categorías, sin embargo, estos estaban contaminados con pinturas, por lo tanto se clasifican como residuos peligrosos, ya que también pueden contener solventes, por la cercanía del taller de publicaciones se asume que pueden venir de dicha instalación. Además, también se encontraron varios equipos electrónicos y eléctricos en mal estado como impresoras incluso que pueden venir de estas áreas. Según consultas realizadas, el TEC trata este tipo de residuos mediante la recolección interna ya que representa activos dañados de la institución por lo que deben llevar un proceso para su desecho, por lo que se puede pensar en una mala disposición por parte de algún funcionario o incluso residuos traídos por estudiantes.

Por último se determinó que la producción de residuos de la categoría de Otros Componentes apenas alcanzó el 37% del total como se puede ver en la figura 4.9, por lo que se puede reducir en gran cantidad los residuos destinados al relleno en este sector, lo anterior si se recuperan los residuos valorizables y se da un manejo a los residuos biodegradables producidos por la soda.

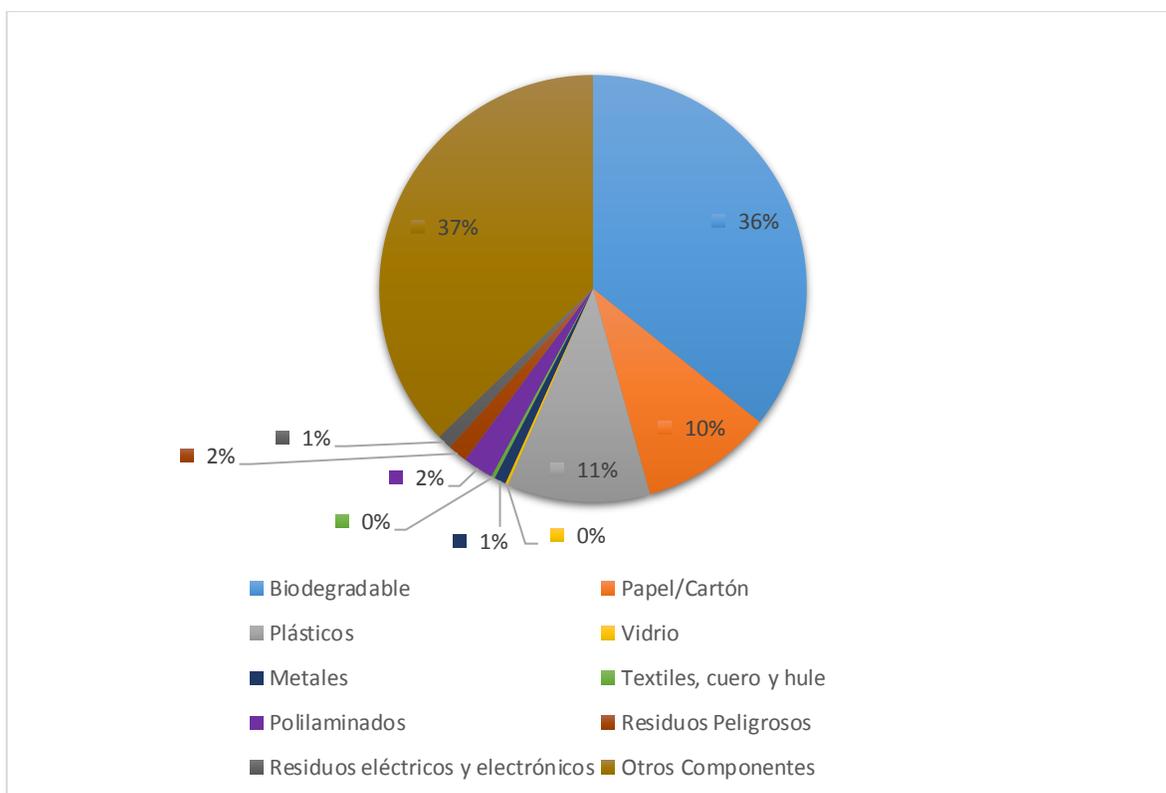


Figura 4.9. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parque de Aprovisionamiento

4.2.8 Contenedor del Parqueo de Electrónica

En este contenedor se dio un promedio de 210,00 kg de residuos sólidos por semana, como se observa en el cuadro 4.9. Dicho contenedor recibe materiales de varias escuelas de carreras como Ing. en Agronegocios e Ing. Electrónica, edificios de aulas y laboratorios computacionales de estas carreras.

Cuadro 4.9. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Electrónica

Categoría	Valor	Valor Máximo	Promedio	Promedio
	Mínimo (kg)	(kg)	Semanal (kg)	Mensual (kg)
Biodegradables	12,26	18,46	15,36±4,38	61,44±17,54
Papel/Cartón	17,28	18,02	17,65±0,52	70,60±2,09
Plásticos	17,78	19,88	18,83±1,48	75,32±5,94
Vidrio	0,72	1,52	1,12±0,57	4,48±2,26
Metales	2,62	4,20	3,41±1,12	13,64±4,47
Textiles, cuero y hule	0,98	4,28	2,63±2,33	10,52±9,33
Polilaminados	7,00	7,38	7,19±0,27	28,76±1,07
Residuos Peligrosos	0,38	1,22	0,80±0,59	3,20±2,28
Residuos eléctricos y electrónicos	0,36	3,26	1,81±2,05	7,24±8,20
Otros componentes	134,13	148,26	141,20±9,99	564,78±39,97
Total	-	-	210,00	840,00

En relación a las actividades y población que se dan en los edificios que abarca este contenedor se encontraron cantidades considerables de materiales como botellas de refrescos plásticos, bolsas y paquetes plásticos de alimentos, hojas de papel blanco, algunas cajas de cartón, latas de aluminio de refrescos y algunas de conserva, además de botellas y envases de vidrio, estos productos son comúnmente consumidos por estudiantes y funcionarios por lo que son residuos que suelen estar presente en los basureros de la institución. En las cercanías de esta zona la población cuenta con baterías de reciclaje para disponer sus residuos de forma separada por tipo de residuo, en recorridos por el lugar se pudo observar que las baterías cumplen con su función. Aun así se está perdiendo mucho material valorizable por

su mala disposición en los recipientes de RSO no valorizable, los muestreos arrojan un promedio de 18,83 kg de plásticos, 17,65 kg de papel y cartón, 7,19 kg de polilaminados, 3,41 kg de metales y 1,12 kg de vidrio para un total de 48,20 kg, lo que representa alrededor de un 24% de los residuos muestreados.

Con un 7% como se puede apreciar en la figura 4.10 se encontraron en promedio 15,36 kg de residuos biodegradables, estos estaban conformados en su mayoría por frutas y restos de alimentos preparados y procesados.

Durante los muestreos se encontró que alrededor del 67% del total estaba formado por residuos de la categoría de Otros componentes, en su mayoría papel sanitario y empaques de snacks metalizados.

Asimismo, se hallaron cargadores dañados de celular, cables, audífonos y baterías o pilas secas, como residuos eléctricos y electrónicos y residuos peligrosos respectivamente.

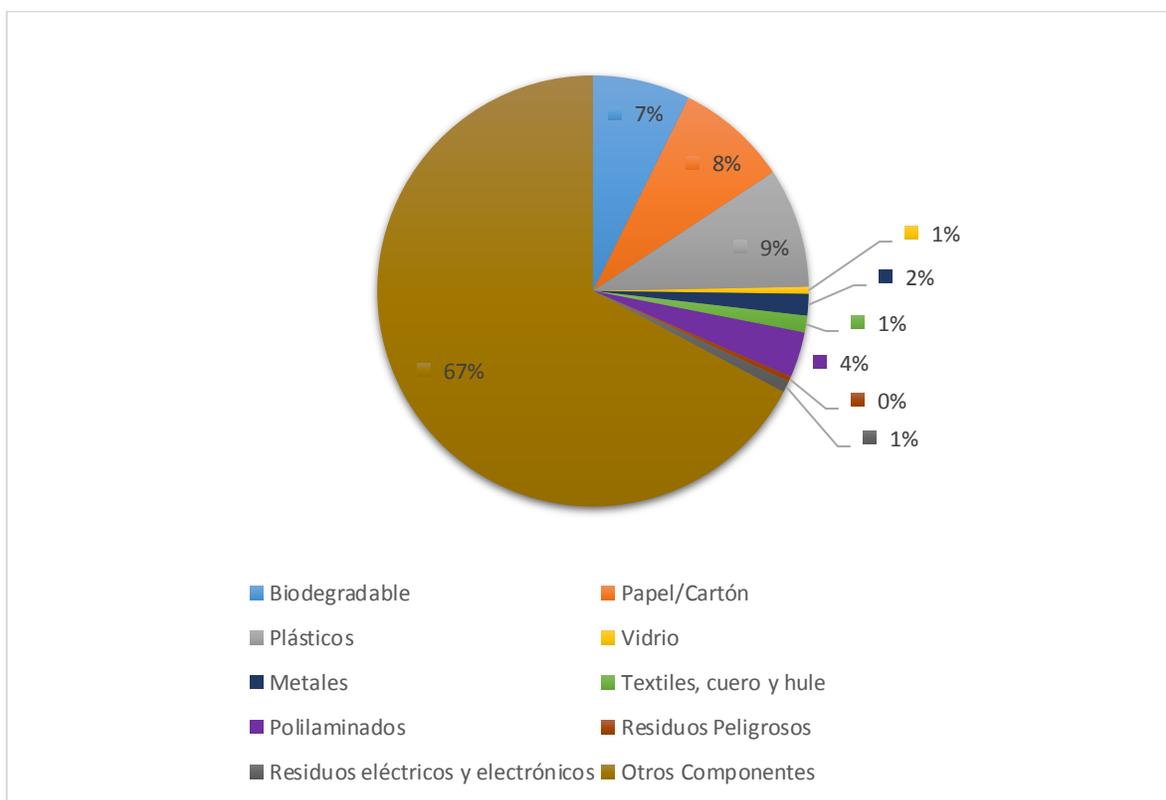


Figura 4.10. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parque de Electrónica

4.2.9 Contenedor del Parqueo de Ingeniería de Materiales

Este contenedor presenta una de las generaciones promedio más bajas de todos los estudios con 81,04 kg por semana como se presenta en el cuadro 4.10, este contenedor percibe los residuos de la escuela de Ingeniería en Producción Industrial, Ingeniería de Materiales junto con su taller y un edificio de aulas.

Cuadro 4.10. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Ingeniería de Materiales

Categoría	Valor Mínimo (kg)	Valor Máximo (kg)	Promedio Semanal (kg)	Promedio Mensual (kg)
Biodegradables	6,78	8,24	7,51±1,03	30,04±4,13
Papel/Cartón	3,75	7,14	5,45±2,40	21,78±9,59
Plásticos	4,65	5,14	4,90±0,35	19,58±1,39
Vidrio	0,00	0,54	0,27±0,38	1,08±1,53
Metales	0,51	1,34	0,93±0,59	3,70±2,35
Textiles, cuero y hule	0,00	2,14	1,07±1,51	4,28±6,05
Polilaminados	2,54	2,64	2,59±0,07	10,36±0,28
Residuos Peligrosos	0,00	0,04	0,02±0,03	0,08±0,11
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Otros componentes	55,66	60,96	58,31±3,75	233,24±14,99
Total	-	-	81,04	324,14

La composición de los residuos presentes en este contenedor presenta un 72% de residuos de Otros componentes (empaques metalizados, papel de sanitarios y estereofón) como se observa en la figura 4.11, siendo una de las categorías que se generan en mayor cantidad, este resultado es positivo ya que demuestra que en este sector se está haciendo un manejo correcto de los RS generados.

En segundo lugar, se encuentran los residuos biodegradables que representa un 9%, los cuales son restos de frutas y alimentos preparados. Por otra parte, a pesar de que la mayoría de residuos son no valorizables, hay un 18% de residuos equivalente a 14,14 kg por semana que

pueden ser enviados al centro de acopio de la institución en caso de ser separados y clasificados correctamente. Del anterior 18% se encuentran en mayor cantidad plástico y papel y cartón con 6% y 7% respectivamente, además de polilaminados, vidrio y metales que también pueden ser valorizados.

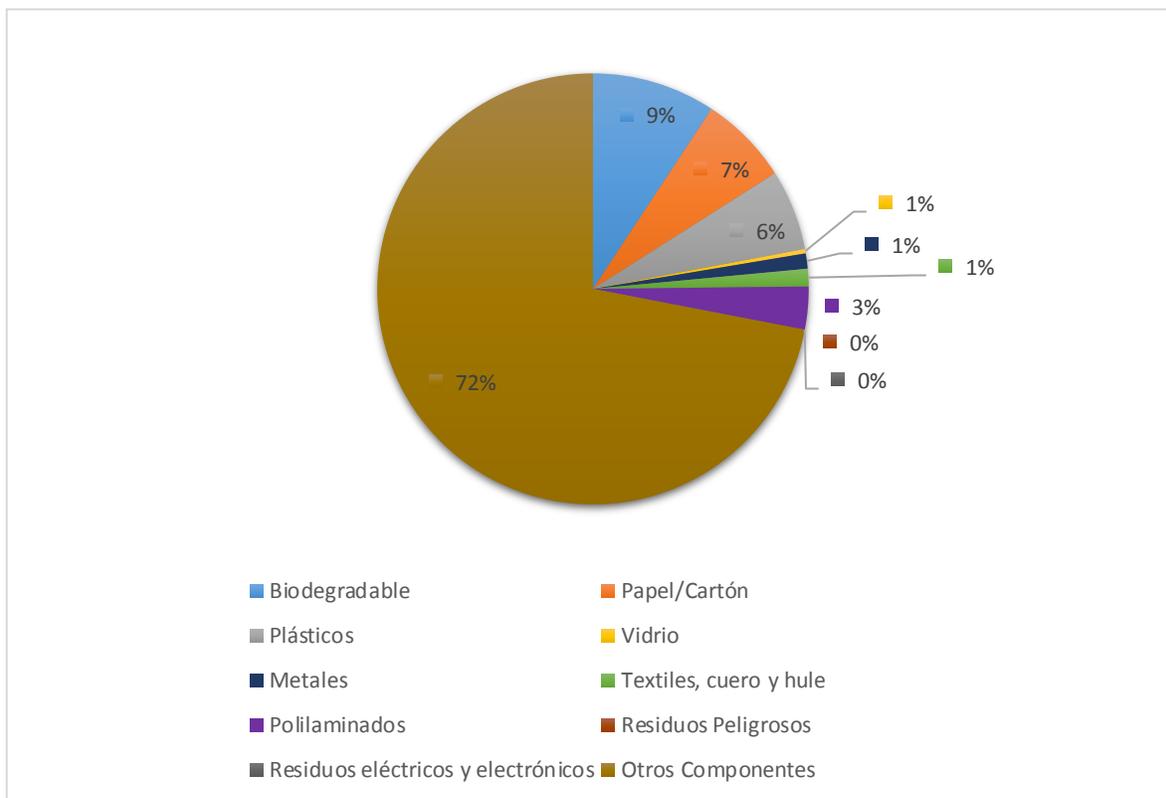


Figura 4.11. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parque de Ingeniería de Materiales

4.2.10 Contenedor CIVCO

Este contenedor presentó el menor promedio de residuos de todos los muestreos, con tan sólo 69,98 kg por semana como se muestra en el cuadro 4.11, esto se debe a que sólo recibe residuos de tres edificios de la zona de los cuales dos son laboratorios y el tercero es la Escuela de Ciencias del Lenguaje.

Cuadro 4.11. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor CIVCO

Categoría	Valor	Valor Máximo	Promedio	Promedio
	Mínimo (kg)	(kg)	Semanal (kg)	Mensual (kg)
Biodegradables	1,82	5,34	3,58±2,49	14,32±9,96
Papel/Cartón	6,06	9,16	7,61±2,19	30,44±8,77
Plásticos	7,10	12,52	9,81±3,83	39,24±15,33
Vidrio	0,20	0,00	0,10±0,14	0,40±0,57
Metales	0,72	0,88	0,80±0,11	3,20±0,45
Textiles, cuero y hule	0,04	0,94	0,49±0,64	1,96±2,55
Polilaminados	1,74	2,06	1,90±0,23	7,60±0,91
Residuos Peligrosos	0,00	1,66	0,83±1,17	3,32±4,70
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,54	0,27±0,38	1,08±1,53
Otros componentes	43,86	45,32	44,59±1,03	178,36±4,13
Total	-	-	69,98	279,92

Por las características de los edificios que depositan sus residuos en este contenedor que presentan gran influencia de estudiantes durante el día, se pudo observar durante los muestreos, altos porcentajes de residuos de plástico, papel y cartón y residuos polilaminados dentro de los principales componentes, 14%, 11% y 3% respectivamente como detalla la figura 4.12, en cuanto a los residuos plásticos se encontraron botellas de refrescos, bolsas y empaques de alimentos o snacks, por otra parte en la categoría de papel y cartón se halló papel blanco y cajas de cartón corrugado y una cantidad importante de jugos tetra brik. En conjunto con los residuos de vidrio y metal, los residuos valorizables representan un 29% del total, para una media de 20,22 kg por semana.

Además, se muestreó un 5% de residuos biodegradables que estaban formados en su mayoría por frutas, restos de almuerzos, que se podría atribuir a funcionarios que llevan almuerzo o compran para llevar y sobran alimentos procesados.

Como componente principal de la muestra se encuentran los residuos de otros componentes con un 64% del total, dentro de los materiales encontrados la mayoría fue papel sanitario, empaques metalizados y de estereofón para comida.

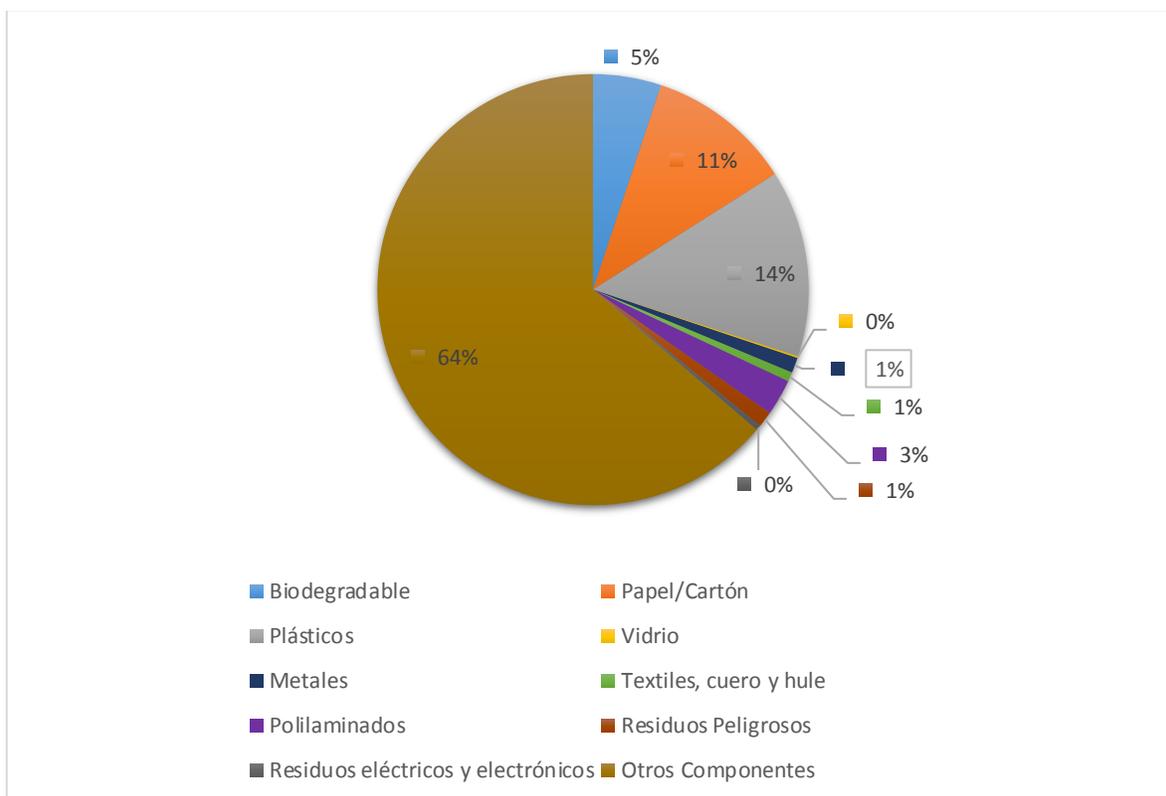


Figura 4.12. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor CIVCO

4.2.11 Contenedor del Parqueo de Ingeniería Ambiental

El contenedor ubicado en el parqueo de la Escuela de Ingeniería Ambiental mostró una producción promedio semanal de 102,08 kg de residuos como se ve en el cuadro 4.12.

Cuadro 4.12. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Parqueo de Ingeniería Ambiental

Categoría	Valor	Valor Máximo	Promedio	Promedio
	Mínimo (kg)	(kg)	Semanal (kg)	Mensual (kg)
Biodegradables	2,32	3,61	2,97±0,91	11,86±3,65
Papel/Cartón	2,66	2,89	2,78±0,16	11,1±0,65
Plásticos	3,23	10,92	7,08±5,44	28,3±21,75
Vidrio	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Metales	0,82	1,60	1,21±0,55	4,84±2,21
Textiles, cuero y hule	1,12	2,64	1,88±1,07	7,52±4,30
Polilaminados	1,02	2,40	1,71±0,98	6,84±3,90
Residuos Peligrosos	0,00	0,00	0,00±0,00	0,00±0,00
Residuos eléctricos y electrónicos	0,10	0,28	0,19±0,13	0,76±0,51
Otros componentes	73,92	94,62	84,27±14,64	337,08±58,51
Total	-	-	102,08	408,3

Los resultados del muestreo demostraron que en este contenedor se presenta el comportamiento más cercano ideal esperado, esto debido a que un alto porcentaje de sus residuos son residuos no valorizables, lo que significó que en promedio el 82 % de los materiales eran de este tipo como se visualiza en la figura 4.13, esto significa que en la zona y edificios que depositan sus residuos a este contenedor se está dando una adecuada disposición y clasificación de los RS generados. Esto demuestra que un manejo apropiado de los residuos puede ser llevado a cabo por parte de la población de la institución, ya que como dato en los edificios involucrados sólo la Escuela de Ingeniería Ambiental y el CIB cuentan con un sitio de clasificación de residuos (mini batería).

A pesar de esto, de igual manera se encontraron residuos valorizables durante los muestreos como plástico, papel y cartón, vidrio, metales y polilaminados, representando un 13% de los residuos para un total de 12,69 kg semanales en promedio. De estos residuos el que se encontró en mayor cantidad fue el plástico, pero se observó que en una de las semanas de muestreo había bolsas con residuos plásticos ya separados, lo que puede significar que algunos de los residuos de reciclaje hayan sido llevados al contenedor por error o por mala disposición. En cuanto al resto de categorías se encontraron pequeñas cantidades de restos de alimentos y frutas pertenecientes a la categoría de biodegradables y algunos residuos de textiles como paños en mal estado en apariencia utilizados para limpieza y aseo de las áreas.

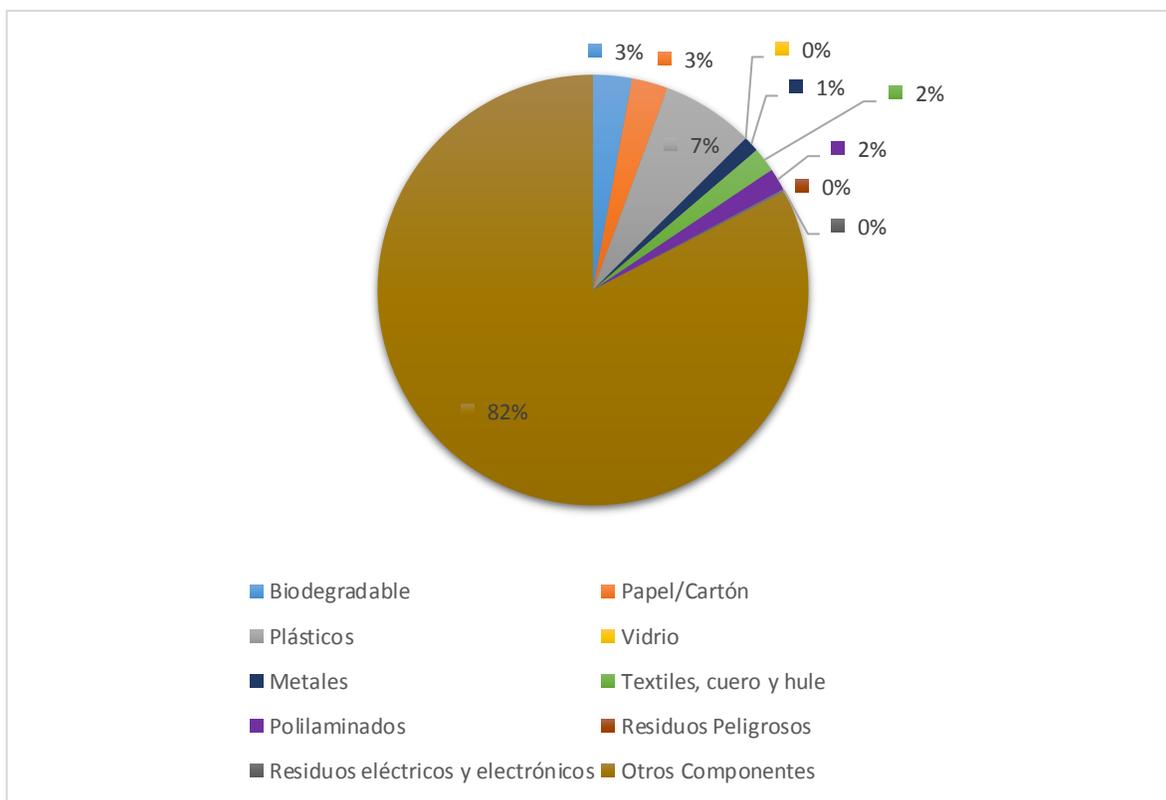


Figura 4.13. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Parque de Ingeniería Ambiental

4.2.12 Contenedor del Núcleo Sur

El contenedor ubicado en el Núcleo Sur de la institución corresponde a la zona donde se encuentra la Escuela de Ingeniería Forestal, en este lugar se hallan oficinas de profesores, aulas, talleres de la carrera y una pequeña soda.

A pesar de ser un sector y una población pequeña, los muestreos demostraron que se genera una cantidad superior comparada con otras zonas con mayor cantidad de población. Según el cuadro 4.13 semanalmente se produce un promedio de 169,25 kg de RS.

Cuadro 4.13. Pesos promedio de RSO medidos en contenedor del Núcleo Sur

Categoría	Valor	Valor Máximo	Promedio	Promedio
	Mínimo (kg)	(kg)	Semanal (kg)	Mensual (kg)
Biodegradables	63,70	86,54	75,12±16,15	300,48±64,60
Papel/Cartón	11,58	18,98	15,28±5,23	61,12±20,93
Plásticos	12,22	23,46	17,84±7,95	71,36±31,79
Vidrio	0,00	1,98	0,99±1,40	3,96±5,60
Metales	0,46	1,72	1,09±0,89	4,36±3,56
Textiles, cuero y hule	0,00	0,40	0,20±0,28	0,80±1,13
Polilaminados	0,46	4,38	2,42±2,77	9,68±11,09
Residuos Peligrosos	0,02	0,22	0,12±0,14	0,48±0,57
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	1,72	0,86±1,22	3,44±4,86
Otros componentes	49,28	61,38	55,33±8,56	221,32±34,22
Total	-	-	169,25	677,00

En este sector los residuos biodegradables representan casi la mitad del material muestreado con un 44% del total según la figura 4.14, lo que significa 75,12 kg por semana en promedio, estos residuos presentan una composición similar a los otros lugares donde sodas depositaban sus residuos, pues se encontraron cáscaras, frutas y verduras, restos de alimentos cocinados y procesados, siendo aprovechables como recursos para la generación de abonos, ideales para mantenimiento de zonas verdes o incluso para árboles cultivados en el vivero forestal de la carrera. Sin embargo, durante los muestreos se pudo observar una situación grave respecto

al manejo de los residuos de la soda, ya que se encontraron litros de aceite de cocina quemado en galones y hasta en bolsas plásticas, como se ha mencionado el aceite es capaz de contaminar áreas extensas tanto de suelo como volúmenes grandes de agua, y actualmente hay diversas alternativas para el tratamiento de este tipo de residuo líquido.

El TEC como institución debe supervisar y procurar el adecuado manejo de los residuos generados dentro de sus instalaciones.

Al momento de realizar los diversos estudios se obtuvieron resultados que demuestran una gran cantidad de residuos sólidos valorizables dispuestos como material de relleno, esta situación es preocupante, ya que en la entrada del edificio principal de la Escuela se encuentra una batería de reciclaje y clasificación de residuos. Durante los muestreos se encontraron bolsas de residuos ya clasificados en el contenedor de residuos no valorizables, se desconoce si dicha situación se debió a un error humano o fue de manera premeditada, no obstante es importante valorar la situación y reforzar el tema del manejo de residuos con el personal de conserjería, otros funcionarios y estudiantes, para incentivar la adecuada disposición de residuos sólidos, ya que la cantidad de residuos valorizables representa un 22% del material en estudio, para un estimado de 37,62 kg de residuos que pueden ser rescatados de categorías como plásticos, polilaminados, vidrio, metales, papel y cartón.

La categoría de residuos de otros componentes representó tan solo el 33% de la muestra, con 55,33 kg, en su mayoría residuos de empaques metalizados, empaques de estereofón y papel higiénico, teniendo un comportamiento similar al resto de los contenedores.

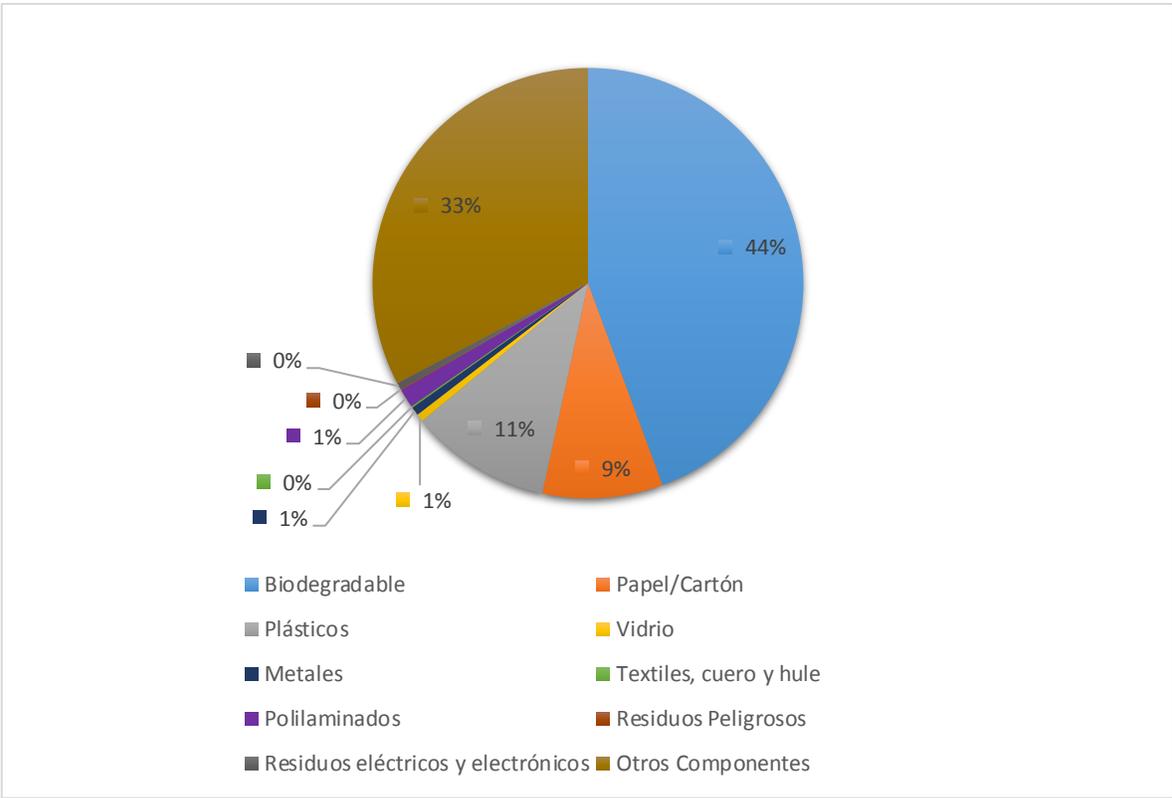


Figura 4.14. Porcentaje de composición de los residuos sólidos ordinarios en el contenedor del Núcleo Sur

4.2.13 Análisis general de los residuos sólidos no valorizables

Uno de los resultados principales de los estudios de generación y composición desarrollados en el estudio es la obtención de las cantidades totales de residuos que envía la institución al relleno sanitario Los Pinos, a partir de los promedios de generación obtenidos para cada contenedor se construyó el cuadro 4.14, que contiene los datos semanales de residuos generados por categoría de cada contenedor y el total generado a nivel global en la institución.

Cuadro 4.14. Cantidades promedio de RSO enviados al relleno sanitario por semana

Contenedor	Biodegradable	Papel/Cartón	Plásticos	Vidrio	Metales	Textiles, cuero y hule	Polilaminados	Residuos Peligrosos	Residuos eléctricos y electrónicos	Otros Componentes
Residencias Estudiantiles	165,14	23,12	32,63	2,33	7,01	9,36	5,96	1,87	0,95	118,97
Zona Deportiva	122,47	24,23	26,15	0,09	0,43	0,09	3,56	0,00	1,72	107,25
Parqueo Diseño Industrial	35,60	28,34	15,81	0,75	1,35	0,11	6,05	0,19	0,42	243,03
Parqueo Electromecánica	4,76	11,11	8,56	0,16	2,63	0,81	3,96	0,67	0,80	107,07
Biblioteca	6,48	16,88	6,71	0,40	1,08	2,36	2,15	0,12	0,00	59,29
Unidad de Transporte	139,42	16,27	30,58	1,05	3,38	1,48	6,39	11,98	0,82	223,41
Parqueo Aprovisionamiento	109,57	30,49	33,10	0,69	2,72	0,86	7,07	4,54	3,41	114,04
Parqueo Electrónica	15,36	17,65	18,83	1,12	3,41	2,63	7,19	0,80	1,81	141,20
Parqueo Ingeniería en Materiales	7,51	5,45	4,90	0,27	0,93	1,07	2,59	0,02	0,00	58,31
CIVCO	3,58	7,61	9,81	0,10	0,80	0,49	1,90	0,83	0,27	44,59
Parqueo Ingeniería Ambiental	2,97	2,78	7,08	0,00	1,21	1,88	1,71	0,00	0,19	84,27
Núcleo Sur	75,12	15,28	17,84	0,99	1,09	0,20	2,42	0,12	0,86	55,33
Total Categoría	687,96	199,18	211,98	7,94	26,01	21,33	50,94	21,13	11,25	1356,74
Total General							2594,45			

Basados en los datos del cuadro 4.14, se puede calcular los porcentajes de composición de las categorías que conforman los residuos generados en la institución como se aprecia en la figura 4.15.

Con un 27% la primer categoría a analizar son los residuos sólidos biodegradables, semanalmente se promedian 687,96 kg de residuos de este tipo, los contenedores donde se hallaron más residuos orgánicos fueron los contenedores de Residencias Estudiantiles, Zona Deportiva, Unidad de Transportes y Núcleo Sur, estos últimos tres debido al aporte de las sodas que se encuentran en el campus, mientras que en los contenedores restantes se obtuvieron cantidades relativamente bajas, en comparación con los anteriormente mencionados, a pesar de que en todos hubo presencia de residuos de este tipo.

Los residuos biodegradables encontrados en los diferentes contenedores presentaban los mismos tipos de componentes como frutas, cáscaras, además de restos de alimentos cocinados como arroz, frijoles, pasta, carnes y sobros de alimentos procesados como galletas, panes y otros; estos residuos son ideales para desarrollar proyectos de aprovechamiento de materia orgánica como generación de compost o lombricompost, ya que además la institución cuenta con el espacio y carreras con profesionales que pueden aportar su conocimiento al desarrollo de estos proyectos, y a su vez involucrar e incentivar a los estudiantes al aprovechamiento de los residuos mediante alternativas agroecológicas.

Sin embargo, para que estos proyectos puedan llevarse a cabo se requiere establecer diferentes lineamientos y condiciones como el fortalecimiento de las pautas relacionadas con el manejo de los residuos para las sodas que son los principales generadores. También se debe sistematizar y brindar las condiciones necesarias para la recolección de estos residuos tanto para estos lugares como para funcionarios y estudiantes que generen desechos orgánicos en otros sectores del campus, así como un efectivo manejo de estos residuos, ya que de ser manejados inadecuadamente pueden traer consigo molestias como malos olores y/o vectores nocivos para la salud. En cuanto a los residuos generados en el sistema de residencias estudiantiles que representan el otro gran foco de generación de RS biodegradables, se puede trabajar en conjunto con proyectos de la misma índole a una menor escala, promoviendo la participación de los estudiantes residentes mediante incentivos al participar en los programas de aprovechamiento de residuos.

En cuanto a los residuos valorizables encontrados durante los muestreos se tiene, papel y cartón, plástico, vidrio, metales y polilaminados, todos estos residuos pueden ser recibidos y procesados por el MADI para posteriormente venderlos para reciclaje o coprocesamiento. Con este estudio se pudo determinar que el material con mayor potencial de reciclaje por su alta generación fue el plástico en sus diferentes tipos, con un promedio de 211,98 kg por semana representando aproximadamente un 8% del total, como se mencionó a través de los diferentes contenedores, los principales productos encontrados en la categoría de residuos plásticos fueron botellas de refrescos, bolsas, empaques de diferentes tipos de alimentos y otros productos, pajillas y vasos plásticos para batidos, la mayoría de estos residuos se deben al consumo diario de la población de productos plásticos desechables, en su mayoría de carácter alimenticio por lo que detener su generación resulta bastante difícil, no obstante se pueden adoptar o introducir prácticas ejecutadas en algunas otras instituciones como incentivar mediante normativas institucionales la sustitución de algunos productos que contienen mucho plástico por otros que contengan menos o no contengan del todo, promover el consumo de refrescos en botellas de vidrio las cuales son reciclables y reutilizables en vez de en botellas plásticas, otra estrategia es la eliminación o prohibición de presentaciones pequeñas de productos que se pueden consumir en presentaciones más grandes, como por ejemplo los refrescos de 250 ml cuando existen de 600 ml o más, esto se debe a que estas presentaciones generan más plástico por menos producto. Otro factor a analizar es la gran cantidad de vasos plásticos y pajillas utilizados principalmente en la venta de batidos, en la institución existen dos lugares que venden este tipo de productos en estas presentaciones, la institución debe incentivar en estos lugares la búsqueda de alternativas más amigables con el ambiente como vasos de cartón y evitar el uso de pajillas si no son estrictamente necesarias, para consumir la menor cantidad posible de plástico.

Otro tipo de residuo valorizable encontrado en gran cantidad fue la categoría de papel y cartón, en esta categoría los tipos de materiales que se hallaron normalmente fue papel blanco, cartón corrugado y cartoncillo como el de cajas de cereal, la institución acopia y envía el papel blanco y cartón corrugado al Centro de Transferencia y Transformación de Materiales (CCTM), el cual se encarga de su manejo, mientras tanto el cartoncillo anteriormente no era valorizable, sin embargo ahora existen empresas que lo reciben para reciclaje o coprocesamiento. Los residuos de este tipo en contenedores donde se recogían

residuos de sectores administrativos, oficinas, aulas y sitios como la biblioteca predominaba el papel blanco como cuadernos, folletos, hojas de prácticas entre otros, mientras tanto en los contenedores donde habían departamentos como talleres, proveeduría y las sodas se encontraban mayor cantidad de cajas de cartón corrugado; como situación especial se debe analizar el manejo de los residuos de este tipo en el edificio de publicaciones y en la Soda Casa Luna, ya que el contenedor de aprovisionamiento presentó volúmenes altos de estos materiales en apariencia provenientes de estos edificios, por lo que se debe dar un seguimiento especial a las actividades y disposición de residuos que se realizan en estas instalaciones.

Continuando con los residuos valorizables, están las categorías de vidrio, metales y polilaminados que, aunque sus volúmenes no fueron tan altos como los anteriores, tienen igual importancia, ya que son materiales que pueden aprovecharse de diversas maneras, y así disminuir el impacto ambiental negativo ocasionado por estos. En el caso del vidrio y metales ambos conforman alrededor del 1% de los residuos cada uno, dentro de los materiales más comunes en la categoría de vidrio se encontraron botellas de refrescos y otros productos, cristalería de laboratorio en algunos casos, vidrio plano y cerámica. Por otra parte los residuos de metales mayormente encontrados fueron latas de aluminio de refrescos, latas de conservas y atunes, y envases de otros productos metalizados.

La situación de los residuos polilaminados es similar, apenas representa un 2% de los residuos para un estimado semanal de 50,94 kg, como dato importante se pesaron diferentes envases de tetra brik dando como resultado que las presentaciones de 1 litro utilizado en leche por ejemplo pesaba 0,06 kg mientras que los envases pequeños de jugos 0,02 kg, por lo que se podría dimensionar que para alcanzar estos 50,94 kg de residuos se necesitan alrededor de 849 envases de 1 litro o poco más de 2500 envases de jugos pequeños.

En resumen como se puede apreciar en el cuadro 4.15 se estima que alrededor de media tonelada semanal de RS valorizables sin considerar residuos biodegradables son enviados al relleno sanitario lo que significa alrededor de un 20% del total. Los contenedores donde se encontraron mayores cantidades de estos residuos fueron: Parqueo de Aprovisionamiento, Residencias Estudiantiles, y Unidad de Transporte; aunque contenedores como Zona Deportiva, Parqueo de Diseño Industrial y Parqueo de Electrónica también presentan cantidades importantes cercanas a los 50 kg por semana; por otro lado los contenedores de

Parqueo de Ingeniería Ambiental y Parqueo de Ingeniería en Materiales fueron los lugares donde se encontraron en promedio menor cantidad de residuos valorizables con 12,69 kg y 14,14 kg respectivamente.

Estos datos son útiles para analizar sectorialmente las áreas y edificios de los cuales provienen los RS de cada contenedor y de este modo evaluar las posibles causas que están provocando que muchos residuos valorizables estén siendo dispuestos de manera incorrecta, y de este modo ejecutar acciones para optimizar la separación y adecuada disposición de estos RS.

Cuadro 4.15. Cantidad promedio semanal de RS valorizables en los diferentes contenedores del TEC

Contenedor	Cantidad (kg)
Residencias Estudiantiles	71,04
Zona Deportiva	54,45
Parqueo Diseño Industrial	52,29
Parqueo Electromecánica	26,41
Biblioteca	27,22
Unidad de Transporte	57,66
Parqueo Aprovisionamiento	74,07
Parqueo Electrónica	48,20
Parqueo Ingeniería en Materiales	14,14
CIVCO	20,22
Parqueo Ingeniería Ambiental	12,78
Núcleo Sur	37,62
Total Categoría	496,10

En el cuadro anterior no se incluyen los residuos biodegradables ya que se toman en cuenta sólo los residuos valorizables que procesa actualmente el programa MADI.

Un factor importante a analizar en cuanto a la recuperación de RS valorizables y por qué muchos de estos están siendo desechados en lugares donde no corresponde, es la relación entre la cantidad o disponibilidad de baterías o mini baterías de reciclaje en comparación con

la cantidad de basureros comunes existentes en la institución. Se realizó un levantamiento con GPS de todos los basureros para RSO ubicados en zonas comunales de la institución y se determinó que existen 47 basureros sin contar los existentes en aulas, oficinas o lugares de acceso restringido, esta distribución se puede ver en el apéndice 3 figura 7.4, mientras que como se mencionó el TEC sólo cuenta con 12 baterías y 9 mini baterías de reciclaje, situación que puede llevar a los usuarios que no presentan un alto grado de interés o compromiso con la separación de residuos a disponer sus RS en el recipiente más cercano, teniendo mayor probabilidad de encontrar basureros para residuos no valorizables y no recipientes de clasificación de valorizables.

En la categoría de textiles, cuero y hule se pudo observar materiales como trapos, telas, paños pequeños y en contenedores como el de residencias algunas prendas de vestir y algunos trozos de cuero, sin embargo, su presencia era poco frecuente, estos materiales no pueden ser aprovechados en procesos como reciclaje, además por las cantidades generadas no resulta factible su recolección por separado, por lo que estos residuos podrían ser dispuestos en el relleno sanitario, ya que por sus características se degradan relativamente rápido y no representan un residuo altamente contaminante para el ambiente.

Por otro lado, los residuos clasificados como peligrosos, representan materiales que por sus características requieren un manejo especial ya que representan un alto riesgo para la salud de las persona y/o el ambiente; durante los muestreos el caso de residuos peligrosos más relevante es el relacionado a los RS hospitalarios provenientes de la clínica de la institución, estos desechos se encontraron en el contenedor de la Unidad de Transporte, es importante verificar la procedencia y situación de estos materiales, ya que se hallaron agujas, jeringas, algodones, gasa entre otros, que en algunos casos se podían apreciar con restos de sangre y otros líquidos que por seguridad no se manipularon.

Otros residuos peligrosos encontrados fueron medicamentos, envases de pintura en el contenedor de aprovisionamiento que podría relacionarse con el taller de publicaciones, baterías o pilas y cartuchos de tinta y tóner; la institución realiza el manejo de sus residuos peligrosos mediante una empresa externa que gestiona el adecuado tratamiento y disposición de estos, sin embargo se puede apreciar que cierto sector de la población desconoce o hace caso omiso a la disposición responsable de los mismos.

Respecto a los residuos eléctricos y electrónicos se encontraron pocos, dentro de ellos los principales fueron cables, cargadores, audífonos y en algunos casos pequeños aparatos como impresoras en mal estado, este tipo de RS es difícil de disponer de forma adecuada, ya que pocos lugares manipulan estos materiales, el TEC como institución pública cuenta con un control de activos, por lo que equipos y máquinas eléctricas o electrónicas deben de pasar por un proceso de inventario de activos institucionales dañados previo a ser dispuestas, por otra parte la población sólo cuenta una opción cada año durante la semana del ambiente donde se realiza una campaña para la recolección de este tipo de residuos.

Como última categoría se encuentran los RS pertenecientes a la categoría de Otros componentes, estos son los residuos que se catalogan como no valorizables y los únicos que deberían ser dispuestos en un relleno sanitario. En el caso de estudio se evidenció que apenas el 52% de los residuos que envía la institución al relleno deberían tener esta disposición final, esto demuestra que a pesar de que el TEC cuenta con un sistema de recolección de residuos sólidos valorizables, muchos de estos no están siendo catalogados como tal o bien otros residuos aprovechables como los biodegradables tampoco están siendo manejados de la mejor manera.

Logrando a una reducción de los residuos enviados al relleno sanitario se podrían generar diversos beneficios tanto para la institución como para el ambiente, por ejemplo disminución en gastos administrativos y operacionales dentro del campus en el manejo de RSO como transporte y manipulación por parte de la Unidad de conserjería, disminución en gastos por envío al relleno sanitario mediante la empresa subcontratada para tal servicio, mayores ingresos para el MADI por una mayor captación y venta de materiales, además se colaboraría a la vida útil de relleno sanitario al recibir menos residuos y reducción del consumo de materias primas de las empresas que se benefician del reciclaje y/o coprocesamiento de ciertos materiales.

En esta categoría se encontró un mayor cantidad: papel higiénico, paquetes de bocadillos y alimentos metalizados, polvo de barrido y estereofón, este último clasificado por legislación nacional como residuos especial. Cabe destacar que la cantidad enviada al relleno semanalmente supera la tonelada con 1356,74 kg por semana, de estos residuos algunos podrían clasificarse dentro de otras categorías, sin embargo, debido al grado de

contaminación que presentaban al momento de los estudios se ubicaron dentro de la categoría de otros componentes.

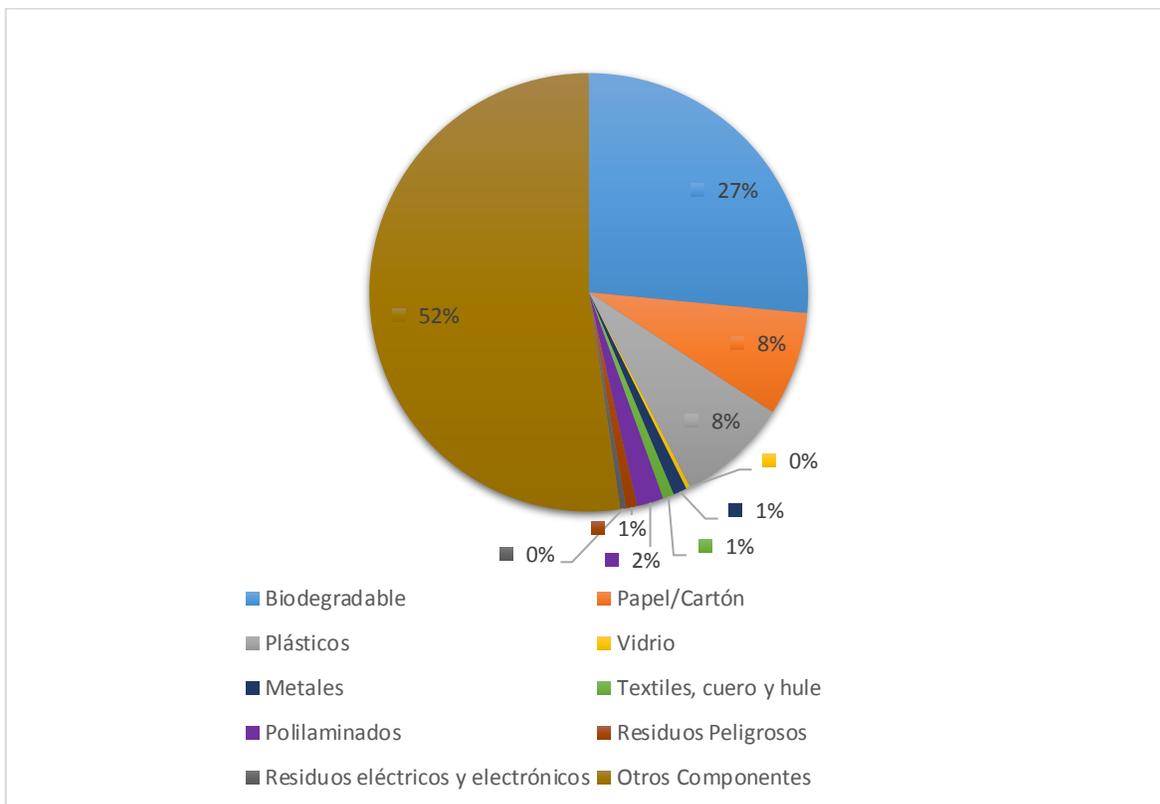


Figura 4.15. Composición porcentual de los residuos sólidos enviados al relleno sanitario

Basados en las cantidades reportadas en el cuadro 4.14 de residuos valorizables y con los precios de venta de estos materiales suministrados por el MADI, se estimó el dinero que no se percibe por la institución al no captar todos los residuos valorizables, los valores se presentan a continuación en el cuadro 4.16.

Cuadro 4.16. Estimación de recursos perdidos por el MADi por envío de residuos valorizables al relleno sanitario

Material	Cantidad de residuos (KG)	Precio de venta (C)	Estimación semanal (C)	Estimación mensual (C)
Plásticos	211,98	120	25437,60	101750,40
Vidrio	7,94	36	285,84	1143,36
Metales	26,01	35	910,35	3641,40
Polilaminados	50,94	30	1528,20	6112,80
TOTAL			28161,99	112647,96

Fuente: Precios de venta suministrados por el MADi

Se estima que alrededor de C\$112 647,96 se pierden mensualmente por residuos valorizables enviados al relleno sanitario, se debe tomar en cuenta que esta estimación se realizó con los precios de los residuos de categorías de plástico y metales que se encuentran en mayor cantidad como PET y Latón respectivamente, ya que hay diferentes tipos de plásticos y metales que se pagan a diferentes precios, sin embargo, se hizo de esta forma para tener un valor aproximado como referencia. Además se debe considerar gran cantidad de residuos a pesar de ser valorizables y procesados por el MADi son entregados de forma gratuita para una adecuada gestión de estos materiales, ya que el fin y objetivo principal del MADi es contribuir con la educación y consciencia ambiental, manejo responsable de residuos y disminución del impacto negativo al ambiente ocasionado por los residuos sólidos ordinarios, por lo que los beneficios van más allá de la retribución económica, ya que además el centro de acopio es sin fines de lucro, no obstante este tipo de ingresos contribuyen a su desarrollo y fortalecimiento.

4.3 Gestión de residuos valorizables

A continuación, se analizan diversos factores a considerar durante la gestión de residuos sólidos ordinarios valorizables que realiza el TEC en su campus central:

4.3.1 Educación e información

Uno de los principios para el adecuado manejo de residuos sólidos ordinarios es la educación e información que tenga la población sobre la gestión de los mismos, este factor toma mayor importancia en sistemas que desean ejecutar proyectos de separación de residuos valorizables para reciclaje o coprocesamiento, en el caso del TEC la institución cuenta con el programa MADI para la gestión de los residuos valorizables.

Un factor de suma importancia se encuentra en la adecuada disposición de los residuos por parte de la población institucional, ya que esto agiliza y genera ahorro en procesos posteriores de separación y acondicionamiento de los materiales recibidos por el centro de acopio, aunque por las características de la institución la población que compone al TEC es un sector con cierto grado de educación, sin embargo, en el tema ambiental muchas personas desconocen de ciertos temas o procesos debido a que en sus comunidades, centros de educación anteriores, trabajos o mismos hogares no ejecutan técnicas o programas de gestión ambiental de algún tipo, como por ejemplo una gestión integral de residuos sólidos, como la separación y adecuada disposición. Es por esta situación que en conjunto con la administración del MADI, los estudiantes de primer ingreso que cursan Química I (teoría y laboratorio), reciben una introducción en cuanto al programa, donde reciben una charla en el centro de acopio en el que se abarcan temas como los materiales que recibe el centro, uso adecuado de las baterías de reciclaje (donde ubicar los diferentes materiales) y condiciones en que deben disponerse los materiales. En la figura 4.16 se puede observar el momento donde algunos estudiantes reciben la charla y ejecutan la parte práctica, como complemento de esta actividad se incentiva a los estudiantes a traer residuos valorizables de sus hogares durante el semestre, como puntos extra en la nota del curso, esto se realiza con la finalidad de crear costumbre en los alumnos para la separación de sus RSO.

Si bien es cierto la institución realiza esfuerzos para fortalecer la gestión integral de residuos dentro del campus, los estudios de generación y composición brindan datos que demuestran que mucha de la población no realiza separación de residuos, aunque la institución brinde las facilidades, por lo que se debe buscar alternativas para mitigar esta situación.



Figura 4.16. Charla práctica impartida a estudiantes de la institución por encargado del MADI

4.3.2 Sistemas o puntos de recuperación de residuos sólidos valorizables

Para la disposición de los residuos sólidos valorizables el programa MADI cuenta con diferentes puntos y estructuras para la recuperación de residuos sólidos valorizables, estos sitios se conocen como baterías, los cuales se encuentran en diferentes pasillos y áreas comunes distribuidos en lugares con gran afluencia de personas para brindar a la población fácil acceso para la disposición de los residuos valorizables. A continuación en la figura 4.17 se pueden observar el sistema de baterías utilizado.



Figura 4.17. Dispositivos para recuperación de residuos sólidos valorizables (baterías de reciclaje)

Además, se han instalados nuevos dispositivos para este fin de menor tamaño llamados mini baterías o puntos verdes, estos fueron diseñados para áreas más pequeñas, actualmente están siendo utilizados en algunos de los edificios del campus, en sustitución de basureros comunes, aportando como valor agregado la posibilidad de realizar separación de residuos. En la figura 4.18 se puede observar una mini batería instalada en el campus.



Figura 4.18. Puntos de recolección de residuos sólidos valorizables (mini baterías)

La institución actualmente cuenta con 12 baterías y 9 mini baterías distribuidas en todo el campus, en el mapa en el apéndice 3, figura 7.3 se puede observar la ubicación de estas. Estos sistemas de recolección están compuestos de 5 diferentes recipientes para la disposición de los siguientes materiales: envases (plástico y tetra brik), papel/cartón, aluminio, vidrio y residuos no valorizables, estos recipientes se encuentran identificados por diferentes colores: azul, blanco, amarillo, rojo y gris, no obstante la Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) 2016-2021 creada en Marzo del 2016, establece lineamientos para este tipo de dispositivos, con el fin de unificar y armonizar este tipo de instalaciones a través de diferentes instituciones o empresas para que el usuario o la población puedan identificar fácilmente la función de los recipientes y los residuos sean dispuestos de forma adecuada, además como complemento en conformidad con la ley 7600 se establece un orden a seguir para la colocación de los recipientes para que las personas con discapacidad visual identifiquen el orden de los contenedores en todos los espacios o puntos verdes. A continuación, en la figura 4.19 se muestran los colores correspondientes para cada categoría y el orden sugerido según la ENSRVS. Las baterías y mini baterías con las que trabaja el MADI actualmente no cuenta con el recipiente para la disposición de residuos orgánicos, por lo que se debe valorar la instalación de este en las zonas de separación de residuos, sin embargo, esto depende también del aprovechamiento que pueda dar la institución a este tipo de residuos, por ejemplo si se da la ejecución de proyectos de compostaje, además la posibilidad de separar residuos orgánicos podría contribuir a que los usuarios acondicionen de mejor manera otros tipos de residuos como empaques de comida al separar el residuo orgánico del empaque.



Figura 4.19. Colores y orden de colocación para recipientes en sitios de recuperación de residuos

Con el fin de unir esfuerzos y siendo el TEC una institución de tal prestigio se debería de seguir pautas como estas para universalizar la gestión de residuos integral a nivel país, teniendo un sistema de clasificación de residuos como se pretende en esta estrategia nacional para el año 2021. Esto requeriría el cambio de colores de algunos de los recipientes colocados

en las baterías y mini baterías, ya que como se detalla en las figuras 4.17 y 4.18 los recipientes no tienen los colores adecuados, además se debería cambiar el orden en el cual están distribuidos para la identificación de los recipientes por parte de personas con problemas de visión. En la institución existen recipientes con la identificación “Plásticos” esto debe cambiarse a “Envases” ya que de este modo no confunde a la población al pensar que sólo plástico se puede disponer en este recipiente, porque además de envases plásticos se pueden disponer polilaminados o mejor conocidos como tetra brik; por otro lado, en la categoría de “Aluminio” también son admitidos residuos de latón y hojalata y otros tipos de recipientes de diferentes aleaciones metálicas por parte del MADi para su separación, por lo que se podría detallar para conocimiento de la población.

Otro de los factores analizados durante la evaluación del sistema de baterías y mini baterías es el volumen de residuos recibidos por los recipientes, en algunos casos se pudo apreciar que recipientes como plástico, vidrio y papel y cartón se llenaban durante las primeras horas de la mañana, por lo que algunos de los residuos son colocados fuera de los recipientes provocando un efecto visual negativo, esta situación se presentaba principalmente en ciertas zonas donde había mayor afluencia de personas, para esta situación se identificaron los puntos donde se acumulaban mayor cantidad de residuos y se planificó una nueva ruta y frecuencia de recolección.

4.3.3 Recolección de residuos y transporte

Durante la realización del estudio la recolección de los residuos valorizables era ejecutada por parte del encargado del MADi y el departamento de conserjería de la institución, cabe destacar que la recolección de materiales no se realiza solamente en los sitios donde se encuentran las baterías o mini baterías, ya que también en algunos otros edificios se da separación y recolección de algunos materiales valorizables como en el comedor institucional, recursos humanos, laboratorios computacionales, entre otros, los cuales se encuentran distribuidos a través de todo el campus. Por esta razón la recolección de residuos representa una labor que consume mucho tiempo y recursos.

Además, debido a esta razón otras actividades en las que se requiere la presencia del encargado del programa estaban siendo afectadas debido a la actividad de recolección y

transporte de residuos sólidos valorizables de las diferentes zonas del campus al centro de acopio.

A causa de esta situación la Regencia Ambiental del TEC encargada del MADI tomó la decisión de ceder la recolección interna de los residuos mediante licitación, en dicho proceso se tomaron factores como puntos o sitios de recolección, frecuencia de recolección según la necesidad de cada sitio como se mencionó en el punto anterior, ya que ciertos puntos reciben más materiales que otros, además se establecieron horarios específicos para interferir lo menor posible con las diversas actividades de la institución y rutas planificadas para realizar la recolección de manera eficaz propiciando la eficiencia de consumo de combustibles.

4.3.4 Acopio de residuos en las instalaciones del MADI y preclasificación

Una vez trasladados los residuos recolectados en las instalaciones de la institución son llevados al patio frontal del centro de acopio, en este lugar son separados previamente según el tipo de residuo que contengan las bolsas, esto para realizar una preclasificación.

En el momento de realizar las evaluaciones del MADI existía la situación de acumulación de una gran cantidad de residuos sin clasificar, esto debido a diversos factores como: falta de personal de trabajo, mayor cantidad de residuos recibida, mayor tiempo para clasificar los residuos existentes debido a mala disposición o acondicionamiento, estos factores propiciaron que dicha acumulación se diera de manera descontrolada y desordenada, provocando diferentes problemas en la gestión.

Durante el tiempo del muestreo se pudo observar que los residuos eran acopiados en la intemperie, esto presenta diversos problemas tanto para los residuos como para el personal que labora en el centro de acopio, tales como afectación de los residuos frágiles ante condiciones de lluvia como papel, cartón y polilaminados, por lo que muchos residuos pueden perder su condición de valorizables, provocando pérdidas al programa, además el manejo después de estar bajo estas condiciones puede involucrar una mayor complejidad y cuidado a la hora de etapas siguientes como la clasificación ya que los materiales se encuentran húmedos lo que implica eliminar el agua como parte del acondicionamiento de los residuos, requiriendo mayor tiempo y esfuerzo para las personas que realizan la clasificación.

A su vez, por las características de ciertos residuos como envases plásticos o de vidrio y hasta las mismas bolsas en las que vienen los residuos se puede dar un gran almacenamiento de agua, situación que puede provocar la proliferación de vectores como zancudos o mosquitos, esta situación puede generar también lixiviados con restos de productos orgánicos y líquidos que puede traer la presencia de ratas y/o generar malos olores en el lugar.

4.3.5 Clasificación y/o acondicionamiento de materiales

El proceso de clasificación y/o acondicionamiento son las actividades que conllevan mayor labor en el centro de acopio, cuando los materiales son preclasificados en categorías como plástico, vidrio, metales, papel y cartón, polilaminados entre otros, se procede a separarlos y acondicionarlos en subcategorías según se requiera para que puedan ser enviados a reciclaje o coprocesamiento.

A continuación, se presenta el cuadro 4.17 donde se detallan los residuos valorizables que procesa el MADI:

Cuadro 4.17. Residuos valorizables que procesa el MADI

Material	Detalle
Plástico	Se procesan diferentes tipos de plásticos destinados a diferentes empresas recolectoras
Papel y cartón	Se valorizan residuos de papel blanco y cartón corrugado de embalaje
Vidrio	Se separan diferentes tipos de vidrio tanto de botellas (por sus colores), como vidrio plano, cristalería, cerámica y porcelana
Metales	Se valorizan diferentes metales y aleaciones como aluminio, latón y hojalata
Residuos electrónicos	A pesar que el MADI no busca captar este tipo de materiales llegan frecuentemente al centro de acopio. Estos son manejados de

	manera integral y enviados a un lugar donde reciben una adecuada gestión
Tóner o cartuchos de tinta	A pesar que el MADÍ no busca captar este tipo de materiales llegan frecuentemente al centro de acopio. Estos son manejados de manera integral y enviados a un lugar donde reciben una adecuada gestión

Dentro de las labores de clasificación y acondicionamiento para los diferentes materiales se presentan diferentes situaciones y requerimientos especiales, los residuos plásticos se clasifican según el tipo de plástico, en la figura 4.20 se pueden observar los diferentes tipos de plásticos, su símbolo y abreviatura.



Figura 4.20. Tipos de plásticos

Fuente: Ministerio de Salud, 2016.

El MADÍ realiza separación de PET, HDPE, LDPE y PP, las categorías de PS y Otros con enviadas a coprocesamiento, mientras que el PVC al relleno sanitario. En cuanto a clasificación de plásticos PET estos se separan según la coloración del envase en incoloro, verde, azul y otros colores, la mayoría de estos plásticos corresponden a envases de botellas desechables de diferentes productos, los plásticos tipo HDPE también son separados según la coloración del recipiente en blanco, azulados, y transparentes, ejemplo de estos materiales son los galones, por ejemplo de cloro, en esta categoría también se encuentran los residuos de galones de aceite de cocina pero estos son separados de forma independiente para no contaminar los demás residuos, los materiales de ambas categorías deben ir libres de cualquier líquido u otro material ajeno al recipiente como tal, luego se forman pacas mediante una compactadora hidráulica que posee el centro para comprimir y embalar ciertos residuos.

Los materiales LDPE y PP son plásticos utilizados en bolsas, algunos tipos de envases y otros productos, estos residuos también se separan para reciclaje, antes de su acopio se acondicionan quitando materiales contaminantes como residuos orgánicos u otros.

En la categoría de PS y Otros se puede encontrar algunos envases de productos o plásticos de algunos aparatos electrónicos, estos residuos son enviados a coprocesamiento mediante la empresa Holcim la cual los utiliza como combustible para su horno.

Dentro de los principales inconvenientes para la clasificación y acondicionamiento de los diferentes residuos se encuentra la contaminación que presentan los residuos por contacto o residuos de líquidos u otros residuos orgánicos dentro de los envases, además las personas introducen otros materiales dentro de botellas, lo que requiere tiempo de los operadores para su limpieza y además consumo de recurso hídrico para algunos lavados.

A pesar de la gran cantidad de plástico que se recupera en el MADI es preocupante la cantidad generada por la población institucional, ya que cada vez se reciben mayores cantidades de este material y muchos de estos son de un solo uso o desechables como los refrescos, siendo productos que se podrían consumir en otras presentaciones menos dañinas para el ambiente como el caso del vidrio.

En la categoría de papel y cartón los residuos valorizables son papel blanco y cartón, estos residuos usualmente vienen limpios, por lo que el MADI solamente almacena para su envío al CCTM quien es el ente que se encarga de la gestión de este tipo de materiales, en caso de venir contaminados se envían a los RS no valorizables, por otro lado el cartón corrugado viene en forma de cajas por lo que se deben desensamblar, los residuos de papel y cartón se almacenan en cajas suministradas por el mismo CCTM, el cual mensualmente hace recolección de los mismos. Entre los principales problemas encontrados para el papel y cartón se encuentra la disposición de residuos que no pueden ser valorizados como las cajas de pizza, ya que estas a pesar de ser un material que si podría ser reciclado por la contaminación del alimento ya no se puede recuperar.

Los residuos de vidrio provenientes de botellas y envases se clasifican según su tonalidad, en transparente, ámbar y otros colores que en general son tonos verdes o azules, para el acondicionamiento de estos materiales se debe de asegurar que no contengan líquidos o alguna sustancia o material dentro de la botella, luego se retiran las etiquetas plásticas, sin embargo las de papel pueden permanecer en el envase, además se deben de quitar los sellos

o dispensadores de líquido que traen algunos tipos de botellas, esta labor es sumamente laboriosa, ya que es una labor manual y requiere mucho recurso y estos sellos resultan difíciles de quitar, además por la naturaleza del residuo se debe de realizar con mayor cuidado. Una vez los envases limpios, mediante el uso de máquina trituradora se proceden a moler o triturar en estañones metálicos.

Los materiales polilaminados son residuos que se presentan en gran cantidad, por estar formados por diferentes materiales eran un problema ambiental, ya que no se podían reciclar, sin embargo, ciertas empresas han desarrollado tratamiento mediante el cual se aprovechan como materia prima de estructuras como paredes u otras, en la actualidad el MADI envía estos residuos a Florida Bebidas. Estos materiales deben ser limpiados antes de su acondicionamiento para el acopio, por lo que es necesario asegurar que no contengan residuos líquidos en su interior, para luego compactar de forma mecánica en el centro de acopio, donde posteriormente se almacenan hasta su despacho.

Los residuos metálicos que ingresan al MADI en su mayoría se conforma de latas de conserva y aluminio, sin embargo, en ocasiones llegan otros tipos metales o aleaciones de estos. El acondicionamiento consiste en la limpieza de restos de residuos orgánicos que puedan contener o bien algún otro material, luego se compactan y almacenan para su despacho.

Algunos materiales ingresan al MADI sin que estos sean la finalidad de residuos que desea captar el programa, esta situación se debe principalmente a la mala disposición de los residuos por parte de los usuarios. Algunos de estos materiales son residuos electrónicos y cartuchos de tinta o tóner, estos residuos no se consideran valorizables, sin embargo, se almacenan para ser enviados al CCTM que se encarga de realizar una gestión adecuada de estos.

A pesar de ser un centro de acopio para residuos valorizables al realizar el proceso de clasificación de materiales se encuentran grandes cantidades de materiales no valorizables o bien materiales valorizables que por su condición, suciedad o contaminación no se les puede dar valor, estos materiales se dividen en dos categorías, residuos no valorizables que se envían al relleno sanitario y residuos con poder calórico que son enviados a Holcim a través del CCTM para su coprocesamiento en el horno de la empresa en conjunto con los plásticos PS.

Dentro de las mayores dificultades encontradas en el proceso de clasificación y acondicionamiento de materiales se encuentra la mala separación de residuos por parte de los usuarios ya que se disponen en categorías que no le corresponden, provocando a su vez contaminación de otros residuos, ya que en algunos casos se encuentran sucios, provocando malos olores y atracción de vectores, además de que se disponen sin acondicionamiento previo, como limpieza de etiquetas en caso de envases de vidrio, desensamblado de cajas de cartón entre otros procesos que agilizarían el procedimiento de clasificación de los residuos en el centro de acopio, ayudando a la reducción de costos de personal y recursos como electricidad y agua para la institución y a su vez se podría procesar mayor cantidad de residuos aumentando la productividad del proyecto, es importante invertir en mejorar la disposición y acondicionamiento de los materiales por parte de la población institucional ya que contribuiría enormemente a la capacidad del centro de acopio.

4.3.6 Acopio y despacho de materiales

Posterior a la clasificación y acondicionamiento de materiales estos son embalados de diferentes formas como “pacas” en el caso de plásticos y polilaminados, en el caso de papel y cartón dentro de cajas y el vidrio molido en estañones metálicos, además algunos otros residuos como los materiales para coprocesamiento son guardados en bolsas plásticas.

La mayoría de residuos ya acondicionados son almacenados alrededor del edificio en las afueras del centro acopio directamente sobre el suelo sin el uso de tarimas salvo los residuos de papel que se mantienen dentro de la infraestructura del centro. El acopio de residuos ya acondicionados y listos para el despacho presentan graves problemas para el adecuado funcionamiento del centro, el principal inconveniente encontrado es el espacio de almacenamiento, ya que los tiempos de despacho de estos hacen que se acumulen grandes cantidades, debido a esta condición se debe realizar el acopio en zonas que dificultan el traslados tanto para ser apilados como para ser cargados a los camiones en el momento de despacho. Además, debido al espacio algunos de estos residuos quedan expuestos a condiciones climáticas como lluvia y sol, afectando en algunos casos la calidad de los residuos y provocando almacenamiento de aguas lluvia en los residuos propiciando la posible generación de vectores.

Durante el proceso de despacho de residuos estos se registran y pesan para control de generación, la frecuencia con la que se envían es variable según la cantidad de residuos que se generen de cada categoría, ya que las empresas solicitan cantidades mínimas para recoger los residuos valorizables. A la hora del despacho al camión recolector, estos son cargados de diversas maneras dependiendo del material, no obstante, en muchos casos se dan complicaciones debido al sitio de acopio que dificulta el traslado hasta los camiones, además las rampas o accesos a camiones en algunos casos se presentan diferencias de alturas que dificultan la labor.

A continuación, en el cuadro 4.18 se presentan los residuos sólidos valorizables que despacha el MADI, el precio de venta, y las empresas a las que se entrega el material, así como la frecuencia de despacho.

Cuadro 4.18. Detalle de los residuos sólidos despachados para reciclaje o coprocesamiento

Categoría de Materiales	Precio por Kilo	Empresa que compra o recibe	Frecuencia de Despacho
Tereftalato de Polietileno	¢ 120	Florida Bebidas	Trimestral
Polietileno de Alta Densidad	¢ 120	Florida Bebidas	Trimestral
Polilaminados	¢ 35	Florida Bebidas	Trimestral
Aluminio	¢ 430	Florida Bebidas	Trimestral
Hojalata	¢ 35	Florida Bebidas	Trimestral
Papel	¢0	CTTM	Mensual
Cartón	¢0	CTTM	Mensual
Electrónico	¢0	CTTM	Mensual
Cartuchos de Impresora	¢0	CTTM	Mensual
Chatarra	¢0	CTTM	Mensual
Vidrio de botella	¢ 36	Vical (Vicesa)	Semestral
Vidrio plano	¢0	Holcim	Semestral
Polipropileno	¢0	Resiplast	Semestral
Polietileno de Baja Densidad	¢ 150	Plásticos Luna	Semestral
Residuos enviados a Holcim	¢0	CTTM	Mensual

4.3.7 Evaluación de la infraestructura del centro de acopio

Como complemento a la evaluación en los procesos que se realizan en el MADI, se valoraron también las condiciones y necesidades que tiene el lugar donde se desarrollan estos trabajos en factores como personal, equipamiento, infraestructura y seguridad laboral, con el fin de probar el cumplimiento de las características que tiene para el tipo de actividad que se desarrolla como centro de recuperación de residuos.

En cuanto al personal, el MADI cuenta únicamente con una persona a tiempo completo como tal, el cual es encargado administrativo del centro de acopio y realiza diversas labores desde recolección de materiales, mantenimiento de baterías, preclasificación, clasificación y acondicionamiento de materias, registro y despacho de residuos y educación ambiental mediante charlas prácticas realizadas en el centro de acopio. Como colaboración para los trabajos que se realizan en el MADI se cuenta con el apoyo del sistema de becas institucional que brinda la posibilidad para que cierta cantidad de alumnos puedan realizar horas beca en este lugar, estos estudiantes realizan labores como clasificación, acondicionamiento y embalaje de residuos, sin embargo por la categoría de asistencia que realizan los estudiantes, estos sólo deben cumplir con cierto número de horas por semestre y además estas se pueden realizar en cualquier momento. Por esta razón se presentan épocas en la que la asistencia de los estudiantes al centro de acopio es poca o nula como en semanas de evaluaciones, lo que provoca la acumulación de material sin clasificar, trayendo problemas como falta de espacio, materiales expuestos a condiciones climáticas que pueden dañarlos, malos olores, además servir como sitios para focos de vectores.

En cuanto al tema de equipo con el que cuenta el centro de acopio se encuentra una compactadora hidráulica, quebrador de vidrio y balanza electrónica, en este aspecto el MADI cuenta con las herramientas necesarias para el manejo de grandes cantidades de residuos de forma eficiente, empero para el proceso de clasificación no se cuenta con un sitio o mesa que presente las condiciones adecuadas para realizar esta labor.

5 Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Los contenedores utilizados para la disposición de RS no valorizables se encuentran en buen estado, pero presentan problemas de acumulación de agua y/o lixiviados, además no cuentan con seguridad para que los residuos no puedan ser manipulados por personas ajenas a la institución. Además en algunos contenedores se evidenció que la cantidad de residuos que reciben es superior al volumen que pueden captar.
- En el sector de residencias se genera una gran cantidad de residuos sólidos biodegradables y residuos valorizables que se envían al relleno sanitario.
- Los contenedores que tenían asociados residuos sólidos provenientes de las diferentes sodas de la institución presentaron un gran porcentaje de residuos sólidos biodegradables, plásticos, cartón y polilaminados en los estudios de generación y composición. Mientras que los contenedores que se encontraban en zonas donde en su mayoría se desarrollan actividades administrativas y académicas los residuos de plástico, papel y cartón se encontraron en cantidades considerables.
- El contenedor donde se encontró la mejor gestión de residuos fue el contenedor del Parqueo de Ing. Ambiental donde el 82% de residuos eran de otros componentes.
- Se estimó una producción semanal de 2594,45 kg de residuos sólidos no valorizables que son enviados al relleno sanitario, de esta cantidad sólo el 52% que corresponde a 1356,74 kg de la categoría de Otros Componentes son RS que deberían ser dispuestos de esta forma. Además alrededor de un 20% de los residuos sólidos enviados al relleno sanitario que corresponde a 496,10 kg de las categorías de plástico, vidrio, metales, polilaminados, papel y cartón son materiales que pueden ser separados y clasificados mediante el programa institucional MADI para luego ser vendidos o entregados para que sean reciclados o coprocesados, mientras que un 27% correspondiente a 687,96 kg de los residuos que se envían al relleno corresponde a RS orgánicos. Semanalmente se generan alrededor de 21,13 kg de residuos peligrosos y 11,25 kg de residuos eléctricos o electrónicos.

- Los contenedores donde se encontró mayor cantidad semanal promedio de RS valorizables fueron: Parqueo de Aprovisionamiento, Residencias Estudiantiles, y Unidad de Transporte con 74,07 kg, 71,04 y 57,66 kg respectivamente, mientras que los contenedores donde se encontró menor cantidad semanal promedio de RS valorizables fueron: Parqueo de Ingeniería Ambiental y Parqueo de Ingeniería en Materiales con 12,78 kg y 14,14 kg respectivamente.
- Gran parte de la población institucional desconoce o no aplica una separación adecuada de residuos sólidos valorizables o no los acondicionan de manera apropiada a pesar de recibir charla informativa durante el curso de Química I, además se debe tomar en cuenta que no todas las carreras de la institución llevan este curso, por otra parte la información brindada no se refresca o actualiza durante el transcurso de las carreras en otros cursos.
- El MADI pierde alrededor de \$ 112 648,96 mensualmente por residuos valorizables que están siendo enviados al relleno sanitario en vez de ser aprovechados por el programa.
- El MADI cuenta con 12 baterías y 9 mini baterías de reciclaje para la recuperación de residuos valorizables. El volumen de los recipientes utilizados en las baterías y mini baterías no es suficiente en algunas áreas para captar el material depositado en ellos, además los colores y orden de posición de los recipientes utilizados para la recuperación de residuos no concuerda con lo sugerido por la ENSRVR, sin embargo, esto no tiene ningún efecto negativo para la institución por el momento.
- Las actividades del MADI están a cargo de una sola persona, la cual además de realizar las labores internas, debe realizar labores externas de recolección y labores de sensibilización de estudiantes, lo que dificulta la fluidez en las actividades a desarrollar, viéndose material sin clasificar acumulado (foco de infecciones y vectores), material sin empacar y acumulación de material sin procesar. Además el acopio de materiales valorizables tanto embalados como sin clasificar en el MADI no cuentan con el espacio ni estructuras adecuadas, al mismo tiempo las instalaciones del centro de acopio presenta carencias en cuanto a estructura y condiciones de seguridad laboral para el desarrollo de la actividad.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda cambiar el nivel de los contenedores con el fin de asegurar la posibilidad de drenaje de aguas y/o lixiviados acumulados en estos, además de instalar algún sistema para que estos sólo puedan ser abiertos por el personal autorizado de la institución.
- Realizar una redistribución de residuos no valorizables que son mandados a cada contenedor, esto para evitar que algunos reciban más volumen de su capacidad, mientras otros son subutilizados, para evitar contaminación visual y malos olores a la población por residuos fuera de los contenedores.
- Implementar sistemas de gestión de residuos sólidos orgánicos en el área de residencias estudiantiles, así como mayor cantidad de baterías de reciclaje y reforzar la educación ambiental en el tema de clasificación y separación de RSO.
- Desarrollar proyectos para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos como compost o lombricompost aprovechando el recurso humano de la institución.
- Reforzar e incentivar la separación de residuos en los edificios administrativos y académicos de la institución mediante charlas e instalación de mini baterías en los lugares donde no hay.
- Comparar con la empresa encargada del transporte y disposición de residuos sólidos no valorizables en el relleno la cantidad de material llevado semanalmente por ellos, con la cantidad estimada en este proyecto para corroborar que los datos son similares.
- Analizar sectorialmente los edificios y zonas que depositan sus RS en los contenedores donde se da una mayor presencia de RS valorizables para examinar las posibles razones de esta situación y proponer las mejoras correspondientes.
- Aplicar métodos para promover una mayor y mejor separación y clasificación de los residuos sólidos valorizables en los sitios destinados a estos.
- Instalar mayor cantidad de baterías y mini baterías en puntos estratégicos del campus.
- Sustituir basureros comunes para RSO no valorizables por baterías o mini baterías de reciclaje.
- Realizar campañas para informar a la población sobre el manejo de residuos sólidos peligrosos y electrónicos, además buscar alternativas de gestión de estos tipos de

residuos para ofrecer alternativas integrales a la población para la gestión de estos materiales.

- Fortalecer el conocimiento de la población en cuanto a la labor que realiza el MADI, así como educar sobre la disposición y acondicionamiento adecuado de los residuos valorizables en los puntos de recuperación.
- Reducir o hasta evitar el uso de plástico innecesario en ciertos productos como pajillas, vasos, cucharas desechables entre otros en las sodas fijas de la institución, y buscar alternativas menos dañinas como el uso de sustitutos de cartón o incluso evitar por completo su uso si no son estrictamente necesarios.
- Restablecer en los futuros contratos para las sodas u otros servicios manejados por terceros dentro de la institución la prohibición o reducción del uso de residuos plásticos, siempre buscando la opción más amigable con el ambiente posible. Además en puestos temporales como los que son instalados durante semanas de bienvenida condicionar el uso de plástico sólo en casos necesarios, buscando el uso de materiales menos contaminantes.
- Aumentar la frecuencia de recolección en los puntos de recuperación de residuos para evitar que estos se saturen durante el día.
- Establecer una nueva estructura de colores y posicionamiento de los recipientes para recuperación de residuos valorizables, esto para universalizar y unificar las estaciones de reciclaje con lo que pretende la ENSRVS a nivel país, además de que facilita la identificación para personas con problemas visuales ya que reconocen los recipientes por su ubicación, además se evaluar la posibilidad de instalar contenedores para residuos orgánicos en caso de que la institución ejecute proyectos de compostaje.
- Se recomienda incluir más personas en el MADI para evitar las situaciones antes mencionadas o establecer una frecuencia semanal por parte de los estudiantes becados que apoyan las gestiones del MADI, con la intención de que el material no preclasificado se acumule en menor cantidad.
- Se recomienda según la ley: mantener bajo techo todos los materiales valorizables, en este momento parte del almacenamiento previo se realiza a la intemperie y el almacenamiento final se encuentra fuera de las instalaciones del MADI con una probabilidad alta de que se moje o se dañe por lluvia o sol.

- El área de clasificación debe contar con una mesa donde se pueda realizar esta actividad, la cual debe diseñarse de forma tal que cumpla con normas de salud ocupacional.
- En la lista de chequeo basado en el reglamento de centros de recuperación, apéndice 4, cuadro 7.14, se pueden observar varios puntos que deberían ser mejorados, tales como el tema de los extintores (disponibilidad, acceso, capacitación de uso por parte de los funcionarios, mantenimiento preventivo), botiquín y servicios sanitarios.
- Se recomienda realizar análisis de porcentajes de recuperación para determinar con datos reales el estado de separación desde la fuente. Estos se pueden realizar hasta establecer un porcentaje mayor al menos al 80%.
- Se sugiere captar agua de lluvia para la limpieza de materiales valorizables que lo requieran y para el lavado de pisos.
- Se recomienda establecer registros de actividades diarias y de salida de materiales, o al menos como mínimo el de salida. Dentro de este punto, es adecuado que la persona que realiza el despacho sepa el valor económico que tienen los diferentes materiales para poder corroborar la información dada por el comercializador.
- Se recomienda establecer procedimientos por escrito de las actividades dentro del MADI así como el establecimiento formal de rutas de recolección.
- Actualmente el cartoncillo no está siendo aprovechado por el MADI y lo destinan a relleno sanitario, sin embargo, el cartoncillo si es recibido por algunas empresas recicladoras tales como Empaques Santa Ana, por lo que se les sugiere realizar contactos con este tipo de empresas u otros centros de acopio que también lo reciben para que se aproveche este material.
- El despacho de algunos materiales se realizan una o dos veces al año, los cuales deben ocupar un lugar en el MADI y dificulta el aprovechamiento de las áreas, se recomienda ya sea establecer un área de almacenamiento final techada y amplia o hacer convenios o negociaciones con los comercializadores para que la frecuencia de recolección de material sea mayor.
- Se recomienda realizar una ampliación del MADI, se debe considerar que la Institución como tal está creciendo de forma considerable y debe tomarse en cuenta la capacidad del mismo tanto en infraestructura como en personal.

- A pesar que la ley indica que se debe establecer un plan de seguridad laboral cuando son más de 50 personas trabajando, este tema es siempre importante a todo nivel, y estando el MADI dentro de una institución tan grande se debería considerar e implementar este tema.

6 Referencias

Abarca Guerrero, L., Maas, G., Hogland. (2013). Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*. 33, 220-232. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2012.09.008>

Araya Trejos, Y. (2011). *Propuesta para la disposición adecuada de los residuos sólidos reciclables en el Laboratorio San Martín*. (Tesis de maestría). Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.

Artavia Jiménez, J.P. (2015). *Diseño del plan de gestión integral de residuos sólidos de los centros de trabajo de La Uruca y oficinas centrales del edificio Autofores del Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (ICAA) en la Gran Área Metropolitana (GAM)*. (Tesis de Licenciatura). Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica.

Bardales Wong, C. (2014). *Caracterización de residuos sólidos generados en las actividades de cocina y comedor en el campamento petrolero de Andoas - Iquitos – 2013*. (Tesis de Bachillerato). Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú.

Campos Rodríguez, R. & Camacho Álvarez, M.M. (2014). Factores determinantes para una acción ambiental positiva de la Gestión Integral de Residuos (GIR) en el cantón de Guácimo, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 27(4). 89-101.

Campos Rodríguez, R., & Camacho Álvarez, M.M. (2015). Gestión interuniversitaria y responsabilidad en la gestión ambiental: Plan de acción para el mejoramiento de la gestión integral de los residuos sólidos. *Revista Gestión de la Educación*. 5 (2), 1-22. Doi: <http://dx.doi.org/10.15517/rge.v5i2.18618>

Campos Rodríguez, R & Soto Córdoba, S. (2014). Estudio de generación y composición de residuos sólidos en el cantón de Guácimo, Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 27(3), 122-135.

Christensen, T. (Ed.). (2011). *Solid Waste Technology & Management*. Chichester: John Wiley & Sons.

CONARE. (2011). Plan Nacional de la Educación Superior Universitaria Estatal 2011-2015. Recuperado de http://www.uned.ac.cr/images/rector/PLAN_DE_ACCION_-_PLANES_mayo_2011.pdf

Flores Larraín, X. (2011). *Diseño, elaboración y validación de instrumentos para la calificación sanitaria de centros de reciclaje de residuos sólidos y de rellenos sanitarios*. (Tesis de bachillerato). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Eco Consultorías e ingeniería SAC. (2013). *Estudio de Caracterización Física de Residuos Sólidos Municipales en la Ciudad de Piura*. Recuperado de: https://www.nefco.org/sites/nefco.org/files/pdf-files/la_estudio_de_caracterizacion_fisica_de_residuos_solidos_municipales_en_la_ciudad_de_piura.pdf

Hacer, A., & Washington, B. (2015). Sustainable municipal solid waste management decision making: Development and implementation of a single score sustainability index. *Management of Environmental Quality: An International Journal*. 26(6) 909 – 928. Doi: <http://dx.doi.org/10.1108/MEQ-03-2015-0028>

Kharvel Anepu, R. (2012). *Sustainable Solid Waste Management in India*. (Master of Science in Earth Resources Engineering). Universidad de Columbia, New York, EE. UU.

López Morales, J. (2014). Manejo de residuos generados por estudiantes de Diseño Industrial. *Grafías Disciplinarias de la UCP*. 25, 200-205.

Ministerio de Salud. (2016). Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021. San José, Costa Rica. Recuperado de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/sobre-el-ministerio/politicas-y-planes-en-salud/planes-en-salud/3025-plan-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-2016-2021/file>

Romero Esquivel, L.G., Salas Jiménez, J.C., Jiménez Antillón, J. (2008). Manejo de desechos en universidades. Estudio de caso: Instituto Tecnológico de Costa Rica. *Tecnología en Marcha*. 21(3), 33-41.

Sethi, S., Kothiyal, N. C., Nema, A. K., & Kaushik, M. K. (2013). Characterization of Municipal Solid Waste in Jalandhar City, Punjab, India. *Journal Of Hazardous, Toxic & Radioactive Waste*, 17(2), 97-106. Doi:10.1061/(ASCE)HZ.2153-5515.0000156

Soto Córdoba, S., & Gaviria Montoya, L. (2013). Estado de la gestión municipal de los residuos sólidos en la provincia de Cartago. *Tecnología en Marcha*. Número especial, 105-117.

Terán Ojeda, J. & Medina Ballesteros, J.S. (2016). *Formulación de un plan de manejo de residuos sólidos para la plaza de mercado central ubicada en el Municipio de Lebrija – Santander*. (Tesis de grado). Universidad Nacional Abierta a Distancia, Bucaramanga, Colombia.

United States Environmental Protection Agency (EPA). (2016). Resource Conservation and Recovery Act (RCRA) Overview: What is a Solid Waste? *EPA*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/rcra/resource-conservation-and-recovery-act-rcra-overview>

Valencia Vázquez, R., Pérez López M., Vicencio de la Rosa, M., Martínez Prado, M., Rubio Hernández, R. (2014). Knowledge and technology transfer to improve the municipal solid waste management system of Durango City, Mexico. *Waste management & research*. 32(9), 848-856. Doi: 10.1177/0734242X14546035

Vallés, M. (2013). Experiencias nacionales en Gestión integral de residuos sólidos urbanos: Propuesta y recomendaciones para la elaboración de lombricomposto utilizando residuos domiciliarios, en base a ensayo practicado a escala familiar. III Jornadas Nacionales GIRSU, Chubut, 1a ed. - San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial – INTI

Yeboah-Assiamah, E., Asamoah, K., Agyekum Kyeremeh T. (2017). Decades of public-private partnership in solid waste management A literature analysis of key lessons drawn from Ghana and India. *Management of Environmental Quality: An International Journal*. 28(1), 78 – 93. Doi: 10.1108/MEQ-05-2015-0098

Ziraba, A., Nigatu, T., & Mberu, B. (2016). A review and framework for understanding the potential impact of poor solid waste management on health in developing countries. *Public Health*. 74 (55), 11. Doi: 10.1186/s13690-016-0166-4.

7 Apéndices

7.1 Apéndice 1: Materiales necesarios para la implementación del estudio de generación y composición de residuos sólidos ordinarios.

Materiales utilizados para la aplicación de los muestreos:

- Balanza digital



Figura 7.1. Balanza utilizada durante el pasaje de RSO

Cuadro 7.1. Características de la balanza utilizada durante el pasaje de los RSO

Marca	Modelo	Capacidad Máxima (kg)	Incertidumbre (kg)	Tamaño de la plataforma (mm)
HIWEIGH	BSA 450	300	±0.01	400x500

Fuente: Romanas Azocar, 2017

- Bolsas transparentes grandes y resistentes
- Guantes desechables de hule o látex
- Lentes de seguridad
- Gabacha
- Lona plástica
- Marcador y cinta adhesiva

7.2 Apéndice 2: Datos obtenidos en los estudios de generación y composición de residuos sólidos ordinarios

Cuadro 7.2. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en los contenedores de Residencias Estudiantiles del TEC

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	69,82	53,28	36,82	159,92	98,50	30,35	41,51	170,36
Papel/Cartón	10,80	7,68	7,74	26,22	10,70	4,23	5,09	20,02
Plásticos	20,86	10,10	8,06	39,02	10,95	5,83	9,46	26,24
Vidrio	0,58	1,54	1,54	3,66	0,43	0,38	0,18	0,99
Metales	3,48	3,80	1,24	8,52	2,43	1,42	1,64	5,49
Textiles, cuero y hule	2,66	4,62	0,52	7,80	7,60	1,53	1,79	10,92
Polilaminados	5,46	1,20	0,98	7,64	2,86	0,64	0,78	4,28
Residuos Peligrosos	0,08	0,88	0,56	1,52	1,56	0,49	0,16	2,21
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	1,54	0,00	1,54	0,10	0,26	0,00	0,36
Otros Componentes	43,38	45,91	32,14	121,43	23,50	65,06	27,94	116,50
Total	157,12	130,55	89,60	377,27	158,63	110,19	88,55	357,37
Total Promedio Semanal	367,32							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 01/05/16 al 14/05/16

Cuadro 7.3. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor de Zona Deportiva

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	25,52	58,90	47,78	132,20	20,62	49,86	42,25	112,73
Papel/Cartón	4,68	11,75	9,82	26,25	2,58	10,64	8,98	22,20
Plásticos	3,69	12,70	11,73	28,12	2,64	8,97	12,57	24,18
Vidrio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	0,00	0,08	0,18
Metales	0,08	0,28	0,12	0,48	0,19	0,18	0,00	0,37
Textiles, cuero y hule	0,00	0,08	0,10	0,18	0,00	0,00	0,00	0,00
Polilaminados	0,92	1,28	0,98	3,18	1,26	1,64	1,04	3,94
Residuos Peligrosos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	3,34	3,34	0,00	0,00	0,10	0,10
Otros Componentes	7,87	41,98	60,30	110,15	12,87	50,12	41,36	104,35
Total	42,76	126,97	134,17	303,90	40,26	121,41	106,38	268,05
Total Promedio Semanal	285,98							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 16/10/16 al 05/11/16

Cuadro 7.4. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parque de Diseño Industrial

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	19,08	12,49	3,34	34,91	16,02	17,97	2,29	36,28
Papel/Cartón	7,82	6,03	14,34	28,19	9,31	8,49	10,69	28,49
Plásticos	5,08	6,78	5,16	17,02	4,64	5,13	4,82	14,59
Vidrio	0,50	0,10	0,00	0,60	0,29	0,38	0,23	0,90
Metales	0,58	0,00	0,86	1,44	0,34	0,64	0,28	1,26
Textiles, cuero y hule	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	0,09	0,00	0,21
Polilaminados	1,48	2,32	2,36	6,16	2,06	2,84	1,03	5,93
Residuos Peligrosos	0,08	0,00	0,00	0,08	0,18	0,12	0,00	0,30
Residuos eléctricos y electrónicos	0,44	0,00	0,24	0,68	0,00	0,16	0,00	0,16
Otros Componentes	95,52	82,95	72,36	250,83	98,67	70,68	65,87	235,22
Total	130,58	110,67	98,66	339,91	131,63	106,50	85,21	323,34
Total Promedio Semanal	331,63							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 16/10/16 al 05/11/16

Cuadro 7.5. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parque de Electromecánica

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	1,46	2,23	0,39	4,08	1,60	1,16	2,68	5,44
Papel/Cartón	3,36	4,65	1,56	9,57	6,30	3,88	2,46	12,64
Plásticos	3,38	3,84	1,79	9,01	2,98	2,44	2,69	8,11
Vidrio	0,22	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,10	0,10
Metales	0,28	0,53	0,38	1,19	0,60	3,16	0,30	4,06
Textiles, cuero y hule	0,92	0,10	0,00	1,02	0,08	0,40	0,11	0,59
Polilaminados	1,32	1,26	0,88	3,46	1,26	1,50	1,70	4,46
Residuos Peligrosos	0,26	0,34	0,20	0,80	0,34	0,10	0,10	0,54
Residuos eléctricos y electrónicos	1,60	0,00	0,00	1,60	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Componentes	36,30	47,40	27,65	111,35	50,30	32,56	19,92	102,78
Total	49,10	60,35	32,85	142,30	63,46	45,20	30,06	138,72
Total Promedio Semanal	140,51							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 01/05/16 al 14/05/16

Cuadro 7.6. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor de la Biblioteca

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	0,00	1,47	5,03	6,50	2,68	0,38	3,40	6,46
Papel/Cartón	1,56	2,02	10,48	14,06	1,24	4,89	13,56	19,69
Plásticos	1,24	2,45	4,61	8,30	1,12	1,57	2,42	5,11
Vidrio	0,00	0,54	0,25	0,79	0,00	0,00	0,00	0,00
Metales	0,10	0,42	0,47	0,99	0,18	0,36	0,62	1,16
Textiles, cuero y hule	2,88	0,35	0,00	3,23	1,48	0,00	0,01	1,49
Polilaminados	0,10	0,58	1,53	2,21	0,36	0,40	1,32	2,08
Residuos Peligrosos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,11	0,12	0,23
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Componentes	3,90	20,22	38,75	62,87	15,28	28,38	12,04	55,70
Total	9,78	28,05	61,12	98,95	22,34	36,09	33,49	91,92
Total Promedio Semanal	95,44							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 01/05/16 al 14/05/16

Cuadro 7.7. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor de la Unidad de Transporte

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	58,77	51,24	30,24	140,25	40,32	37,46	60,80	138,58
Papel/Cartón	2,00	2,86	3,12	7,98	3,44	3,87	17,24	24,55
Plásticos	9,14	7,42	14,00	30,56	7,58	6,98	16,04	30,60
Vidrio	0,34	0,62	0,10	1,06	0,02	0,68	0,34	1,04
Metales	0,46	0,13	0,90	1,49	3,24	0,82	1,20	5,26
Textiles, cuero y hule	0,14	0,56	0,16	0,86	0,46	1,44	0,20	2,10
Polilaminados	1,54	0,80	4,12	6,46	0,68	1,52	4,12	6,32
Residuos Peligrosos	8,54	0,19	0,22	8,95	1,94	6,48	6,58	15,00
Residuos eléctricos y electrónicos	0,06	0,01	0,00	0,07	0,04	1,28	0,24	1,56
Otros Componentes	60,52	97,84	43,68	202,04	71,48	44,28	129,02	244,78
Total	141,51	161,67	96,54	399,72	129,20	104,81	235,78	469,79
Total Promedio Semanal	434,76							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 22/05/16 al 04/06/16

Cuadro 7.8. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Aprovisionamiento

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	32,16	43,22	27,02	102,40	25,42	48,12	43,20	116,74
Papel/Cartón	16,18	11,80	10,10	38,08	6,40	6,56	9,94	22,90
Plásticos	6,32	15,62	8,96	30,90	12,92	12,76	9,62	35,30
Vidrio	0,22	0,92	0,00	1,14	0,00	0,00	0,24	0,24
Metales	1,16	0,14	1,48	2,78	0,24	0,88	1,54	2,66
Textiles, cuero y hule	1,68	0,00	0,00	1,68	0,04	0,00	0,00	0,04
Polilaminados	2,42	2,88	1,90	7,20	1,74	3,36	1,84	6,94
Residuos Peligrosos	8,90	0,10	0,00	9,00	0,02	0,00	0,06	0,08
Residuos eléctricos y electrónicos	0,76	0,10	0,64	1,50	5,32	0,00	0,00	5,32
Otros Componentes	53,02	44,74	25,92	123,68	23,74	45,54	35,12	104,40
Total	122,82	119,52	76,02	318,36	75,84	117,22	101,56	294,62
Total Promedio Semanal	306,49							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 22/05/16 al 04/06/16

Cuadro 7.9. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Electrónica

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	8,56	6,78	3,12	18,46	4,32	5,90	2,04	12,26
Papel/Cartón	8,60	7,20	1,48	17,28	7,14	5,74	5,14	18,02
Plásticos	8,58	6,62	4,68	19,88	1,38	13,16	3,24	17,78
Vidrio	0,72	0,00	0,00	0,72	0,20	1,14	0,18	1,52
Metales	1,58	0,22	2,40	4,20	0,78	1,26	0,58	2,62
Textiles, cuero y hule	0,38	0,00	0,60	0,98	0,02	1,68	2,58	4,28
Polilaminados	2,86	2,14	2,00	7,00	0,88	4,94	1,56	7,38
Residuos Peligrosos	0,66	0,00	0,56	1,22	0,08	0,30	0,00	0,38
Residuos eléctricos y electrónicos	3,26	0,00	0,00	3,26	0,00	0,00	0,36	0,36
Otros Componentes	59,54	51,72	37,00	148,26	33,72	71,54	28,87	134,13
Total	94,74	74,68	51,84	221,26	48,52	105,66	44,55	198,73
Total Promedio Semanal	210,00							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 28/08/16 al 03/09/16

Cuadro 7.10. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Ingeniería de Materiales

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	4,10	2,02	0,66	6,78	1,06	5,42	1,76	8,24
Papel/Cartón	3,20	3,78	0,16	7,14	0,37	2,08	1,30	3,75
Plásticos	1,10	3,54	0,50	5,14	1,46	1,43	1,76	4,65
Vidrio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,40	0,54
Metales	1,20	0,14	0,00	1,34	0,12	0,29	0,10	0,51
Textiles, cuero y hule	0,12	2,02	0,00	2,14	0,00	0,00	0,00	0,00
Polilaminados	0,88	1,60	0,06	2,54	1,14	1,04	0,46	2,64
Residuos Peligrosos	0,00	0,00	0,04	0,04	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Otros Componentes	21,18	27,62	6,86	55,66	17,26	30,72	12,98	60,96
Total	31,78	40,72	8,28	80,78	21,41	41,12	18,76	81,29
Total Promedio Semanal	81,04							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 28/08/16 al 03/09/16

Cuadro 7.11. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor de CIVCO

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	0,38	3,18	1,78	5,34	0,18	0,86	0,78	1,82
Papel/Cartón	2,32	4,18	2,66	9,16	3,88	0,94	1,24	6,06
Plásticos	7,94	1,80	2,78	12,52	4,44	1,70	0,96	7,10
Vidrio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	0,00	0,00	0,20
Metales	0,02	0,34	0,36	0,72	0,60	0,04	0,24	0,88
Textiles, cuero y hule	0,04	0,00	0,00	0,04	0,94	0,00	0,00	0,94
Polilaminados	0,28	0,56	1,22	2,06	0,94	0,48	0,32	1,74
Residuos Peligrosos	0,00	0,12	1,54	1,66	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,54	0,00	0,00	0,54
Otros Componentes	8,56	18,80	17,96	45,32	18,80	11,20	13,86	43,86
Total	19,54	28,98	28,30	76,82	30,52	15,22	17,40	63,14
Total Promedio Semanal	69,98							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 04/09/16 al 24/09/16

Cuadro 7.12. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Parqueo de Ingeniería Ambiental

Categoría	Peso de los RSO (kg)							
	Semana 1				Semana 2			
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total
Biodegradable	1,42	0,46	0,44	2,32	0,82	1,59	1,20	3,61
Papel/Cartón	0,52	0,22	2,15	2,89	1,66	0,88	0,12	2,66
Plásticos	4,74	2,22	3,96	10,92	0,06	2,81	0,36	3,23
Vidrio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Metales	0,50	0,74	0,36	1,60	0,10	0,52	0,20	0,82
Textiles, cuero y hule	0,00	0,42	2,22	2,64	0,00	0,42	0,70	1,12
Polilaminados	0,68	1,04	0,68	2,40	0,28	0,64	0,10	1,02
Residuos Peligrosos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,10	0,00	0,10	0,00	0,10	0,18	0,28
Otros Componentes	34,92	27,68	32,02	94,62	34,66	25,68	13,58	73,92
Total	42,78	32,88	41,83	117,49	37,58	32,64	16,44	86,66
Total Promedio Semanal	102,08							

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 04/09/16 al 24/09/16

Cuadro 7.13. Datos del Estudio de generación y composición de RSO en el contenedor del Núcleo Sur

Categoría	Peso de los RSO (kg)								
	Semana 1				Semana 2				
	Martes	Jueves	Sábado	Total	Martes	Jueves	Sábado	Total	
Biodegradable	19,98	20,80	22,92	63,70	17,34	29,56	39,64	86,54	
Papel/Cartón	5,48	3,08	3,02	11,58	2,88	3,24	12,86	18,98	
Plásticos	2,06	3,74	6,42	12,22	5,16	5,04	13,26	23,46	
Vidrio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12	1,86	0,00	1,98	
Metales	0,42	0,04	0,00	0,46	0,28	0,70	0,74	1,72	
Textiles, cuero y hule	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26	0,14	0,00	0,40	
Polilaminados	0,20	0,14	0,12	0,46	0,28	0,98	3,12	4,38	
Residuos Peligrosos	0,22	0,00	0,00	0,22	0,00	0,00	0,02	0,02	
Residuos eléctricos y electrónicos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,72	1,72	
Otros Componentes	14,34	18,94	16,00	49,28	11,28	22,94	27,16	61,38	
Total	42,70	46,74	48,48	137,92	37,60	64,46	98,52	200,58	
Total Promedio Semanal					169,25				

Nota: Los estudios de composición se realizaron del 25/09/16 al 15/10/16

7.3 Apéndice 3: Mapas de contenedores, baterías y mini baterías, y basureros del Instituto Tecnológico de Costa Rica

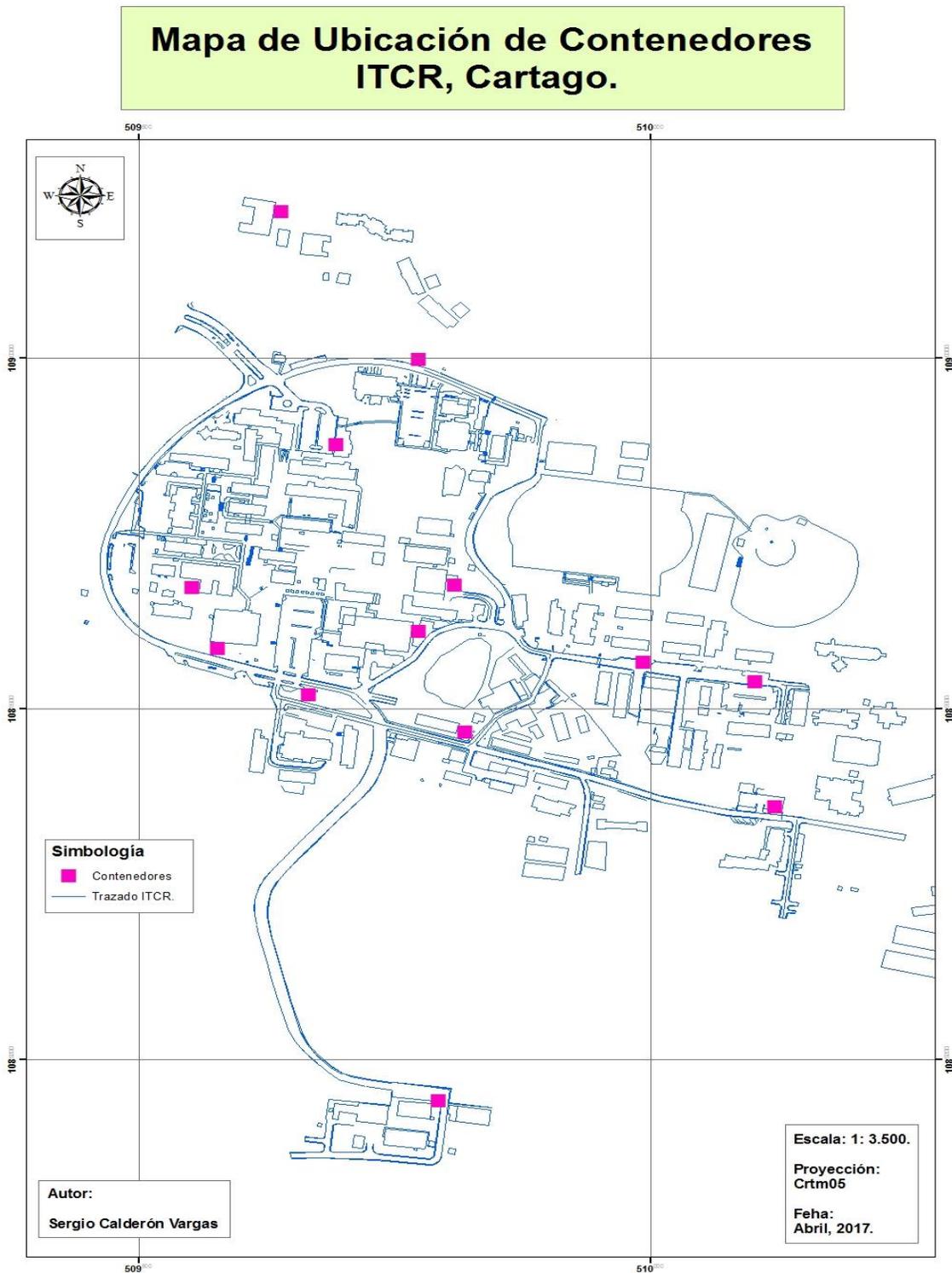


Figura 7.2. Mapa de la ubicación de contenedores de RS no valorizables en el TEC, Cartago

Mapa de Ubicación de Baterías y Mini Baterías ITCR, Cartago.

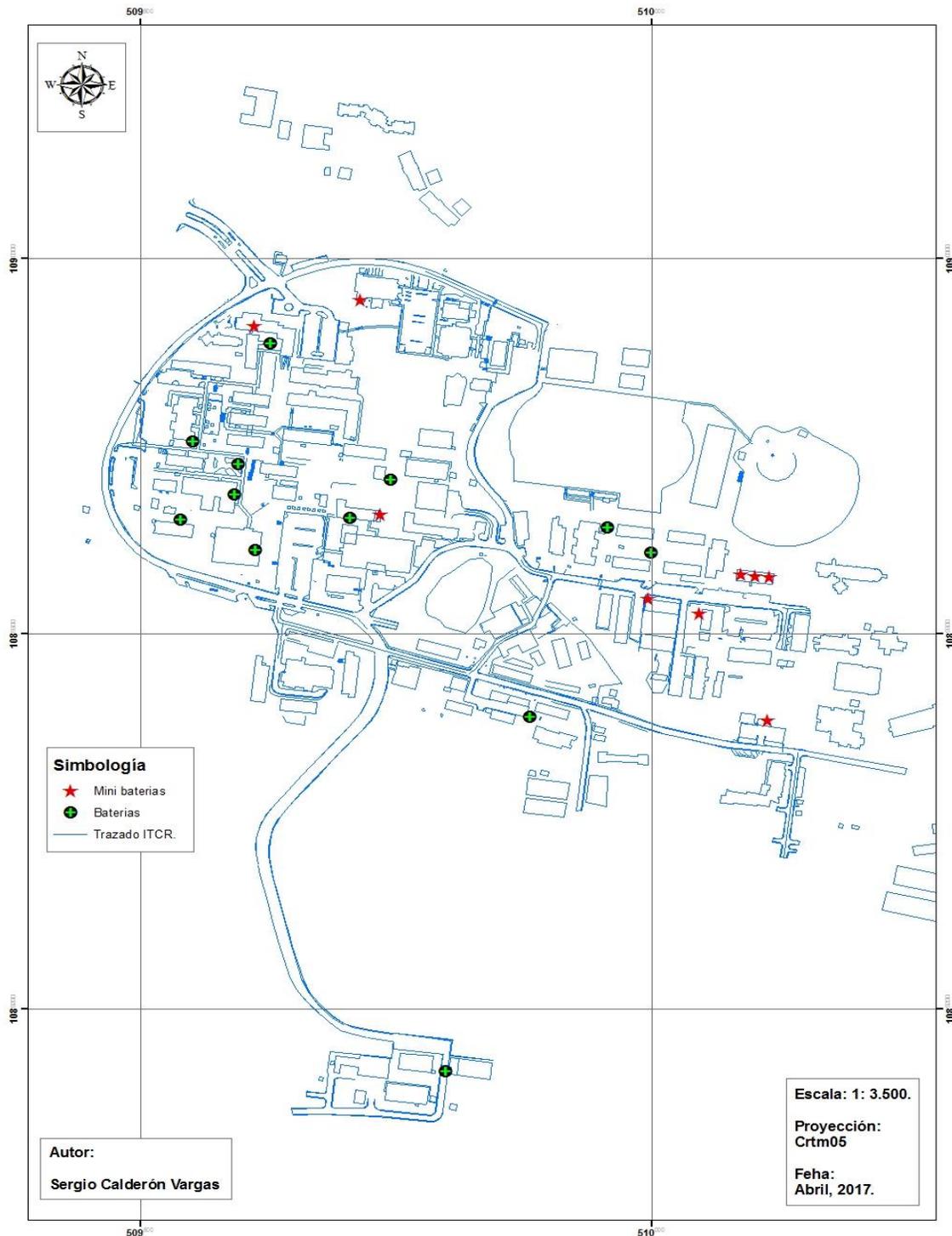


Figura 7.3. Mapa de la ubicación de baterías y mini baterías para RS valorizables en el TEC, Cartago.

Mapa de Ubicación de Basureros ITCR, Cartago.

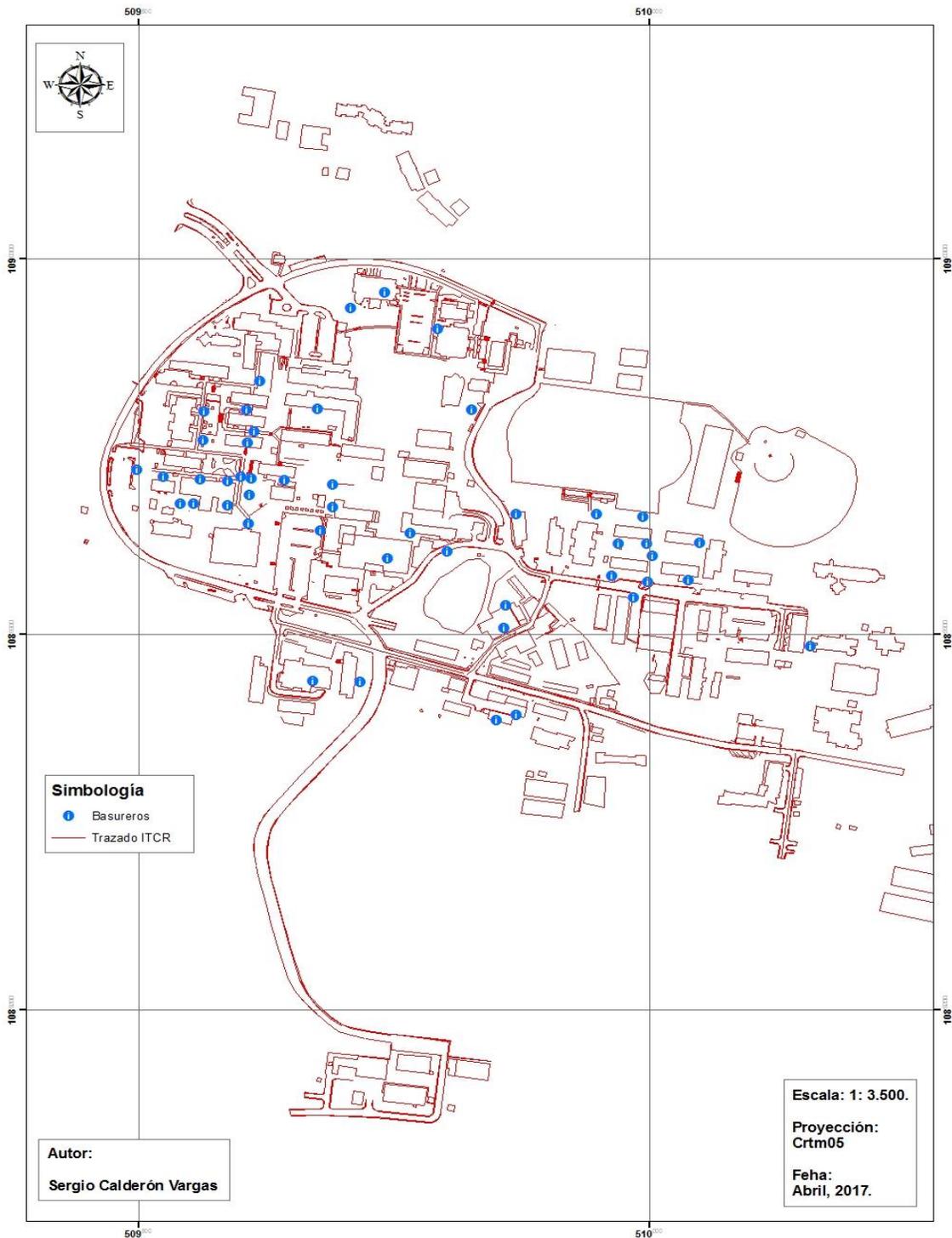


Figura 7.4. Mapa de la ubicación de basureros para RS en el TEC, Cartago

Mapa de Ubicación de Basureros, Contenedores Baterías y Mini Baterías. ITCR, Cartago.

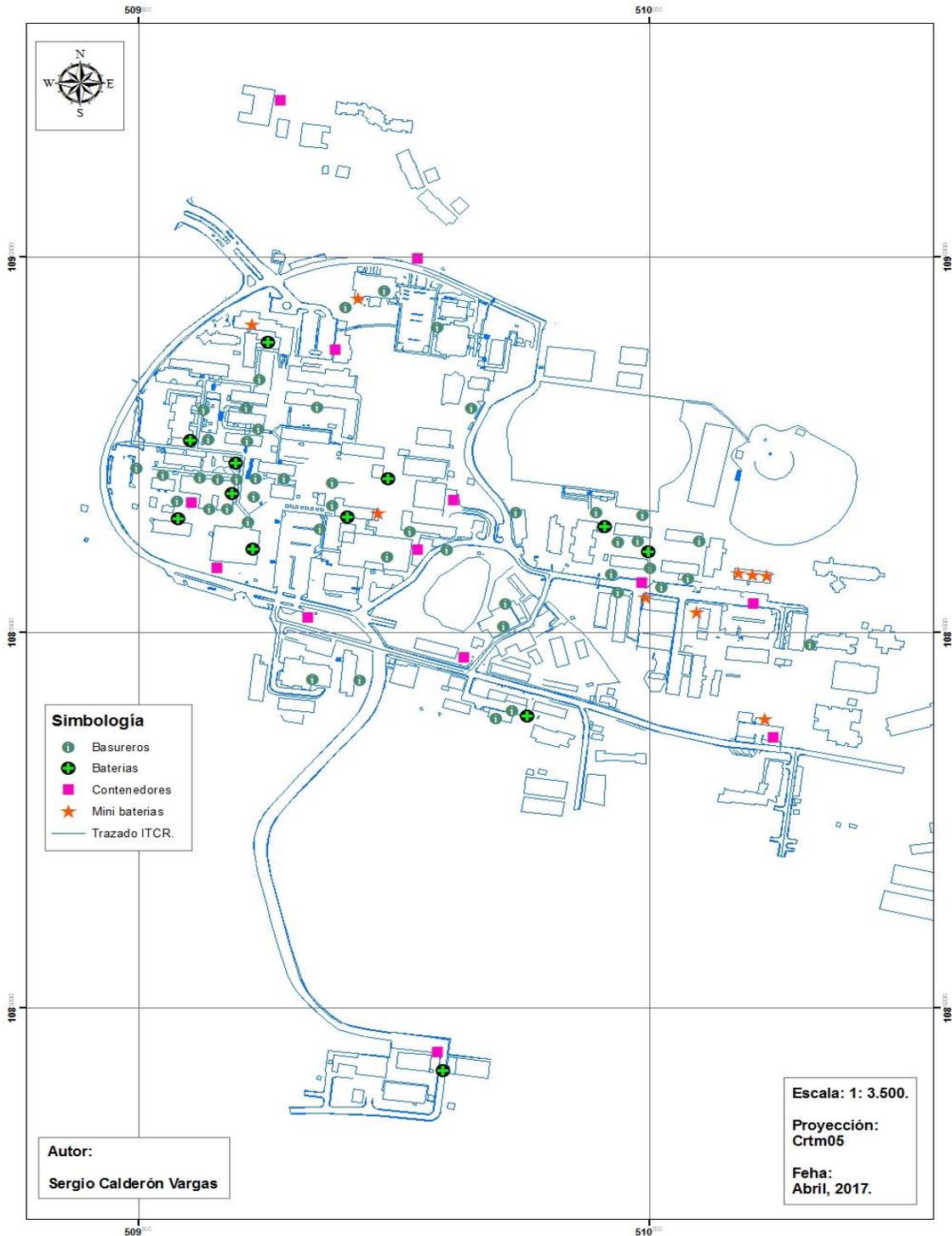


Figura 7.5. Mapa conjunto de la ubicación de recipientes para RS valorizables y no valorizables en el TEC, Cartago

7.4 Apéndice 4: Lista de chequeo sobre requerimientos en centros de acopio de residuos

Cuadro 7.14. Lista de chequeo de requerimientos en centros de recuperación de residuos aplicada al MADI

	Si	No	N/A
La instalación cuenta con pisos, paredes, entresijos y estructuras internas contruidos con materiales retardadores al fuego de al menos una hora.		X	
La instalación cuenta con pisos, paredes, entresijos y estructuras internas contruidas con materiales no porosos, de fácil limpieza y que no se reblandezcan al entrar en contacto con agua o productos que se almacenen.		X	
La instalación cuenta con techos con una altura mínima de 2,5 metros medidos del piso al cielo raso o cercha,	X		
La instalación cuenta con un área de ventilación natural no inferior al 20% de la superficie del piso.	X		
De no ser suficiente la ventilación natural, cuenta con un sistema de ventilación mecánica.			X
Cuenta con extintores ubicados estratégicamente dentro del establecimiento.	X		
Cuenta con extintores en cantidad adecuada. (La distancia de recorrido para acceder a un extintor no debe ser mayor a 23m)	X		
Se cuenta con un botiquín de primeros auxilios rotulado y ubicado en un lugar limpio y seco, protegido de los cambios ambientales que afectan los medicamentos.		X	
El botiquín está equipado con: Acetaminofén, espadrapo, rollo de gasa, apósitos de cuadrados de gasa estériles, apósitos tipo curitas, crema para quemaduras solares, desinfección de uso tópico, suero oral, guantes de látex estériles, jabón antiséptico, tijeras punta roma, bolsas plásticas.		X	
El botiquín es revisado periódicamente para determinar el estado y fecha de caducidad de los medicamentos contenidos en el botiquín y además		X	

verificar que los demás artículos del botiquín están en buenas condiciones higiénicas.			
Se cuenta con instalaciones eléctricas de acuerdo al Código Eléctrico Nacional vigente.		X	
Las instalaciones cuentan con luz natural, artificial o ambas.	X		
Las instalaciones cuentan con un inodoro por cada 25 hombres o fracción de 25 (para el caso de mujeres, es un inodoro por cada 20 o fracción de 20)	X		
Las instalaciones cuentan con un orinal por cada 30 trabajadores o fracción de 30.			X
Las instalaciones cuentan con un lavamanos por cada 15 trabajadores.	X		
Las instalaciones cuentan con una ducha por cada 5 trabajadores.	X		
Los servicios sanitarios están equipados con papel higiénico, jabón de manos, toallas de papel o sistema mecanizado de secado de manos.	X		
Los servicios sanitarios están separados por género.		X	
Los servicios sanitarios cuentan con ventilación natural o mecánica.	X		
Los servicios sanitarios y duchas tienen pisos y paredes de material liso e impermeables de fácil limpieza y con una altura mínima de 1,80 m.		X	
Se cuenta con espacio de guarda ropa o casillero.	X		
Si por la índole de las labores, los trabajadores deban comer en el lugar, las instalaciones cuentan con un sitio para este fin, el cual debe estar separado de las áreas de procesos y bodegas y reunir condiciones de orden y limpieza.		X	
El centro de acopio cuenta con áreas de parqueo, carga y descarga, de manera tal que no utiliza la vía y predios públicos.	X		
Toda área destinada al almacenamiento de residuos sólidos está completamente techada.		X	
En las áreas externas sólo se ve almacenamiento de partes de vehículos, materiales de construcción, maquinaria y equipo pesado en desuso.		X	

Este material almacenado en zonas externas, no contiene sustancias peligrosas, ni constituye focos de contaminación o criaderos de fauna nociva.		X	
La altura de las estibas dentro de las instalaciones no supera las tres cuartas partes de altura de la construcción, medida del piso a la cercha o cielo raso.		X	
Si es un centro de recuperación de residuos valorizables que almacena residuos peligrosos, el piso cuenta con un desnivel del 1% dirigido hacia el sistema de retención y recolección de derrames.			X

Fuente: Basado en el Reglamento de Centros de Recuperación

8 Anexos

8.1 Anexo 1. Clasificación de residuos sólidos ordinarios

Cuadro 8.1. Categorías de residuos sólidos ordinarios

Categoría	Materiales
Biodegradable	Restos de comidas, residuos orgánicos. Se hace la separación para contar con datos para la elaboración de composta
Papel/Cartón	Papel blanco, de color, periódico, cartón liso y corrugado, papel china, papel de regalo, etc.
Plástico	Envases, bolsas, elementos elaborados en plástico, recipientes
Vidrio	Botellas, cristalería, vidrio plano, entre otros
Metales	Aluminio, latas de alimentos, trozos de varillas, alambres, chatarra en general
Textiles	Retazos de tela y cuero, piezas de ropa, bolsos, zapatos de cuero, hule en general
Polilaminados	Envases tetra brik
Peligrosos generados en el hogar	Baterías secas, restos de medicamentos, envases de productos de limpieza, envases de pintura, cartuchos y tóner de impresora, envases de lubricantes, insecticidas, bombillos
Eléctricos y electrónicos	Monitores, pantallas planas, computadoras, baterías de computadoras, celulares o UPS, cargadores, escáner, teléfonos celulares, impresoras, cámaras fotográficas, calculadoras, y otros similares.
Otros componentes	Material fino como polvo de barrido, residuos sanitarios (papel higiénico, pañales), inertes, escombros, madera, empaques metalizados, estereofón, residuos voluminosos.

Fuente: Modificado de “Guía de la interpretación de la metodología para la realización de estudios de generación y composición de residuos ordinarios.”