



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Energía y Ambiente

**PLAN DE MANEJO DE MATERIALES RESIDUALES GENERADOS EN
EL TALLER AGRÍCOLA Y AUTOMOTRIZ DE UN INGENIO AZUCARERO,
UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

Ing. Angel Rodrigo Recinos Castellanos

Asesorado por el Msc. Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PLAN DE MANEJO DE MATERIALES RESIDUALES GENERADOS EN EL TALLER
AGRÍCOLA Y AUTOMOTRIZ DE UN INGENIO AZUCARERO, UBICADO EN EL
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA ESCUELA DE ESTUDIOS DE
POSTGRADOS DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. ANGEL RODRIGO RECINOS CASTELLANOS
ASESORADO POR EL MSC. ING. CARLOS ANIBAL CHICOJAY COLOMA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Núñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gomez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

JURADO EVALUADOR QUE PRACTICÓ EL EXAMEN DE DEFENSA

DECANO	Mtro. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR(A)	Mtro. Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
EXAMINADOR(A)	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez
SECRETARIA	Mtra. Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**PLAN DE MANEJO DE MATERIALES RESIDUALES GENERADOS EN EL TALLER
AGRÍCOLA Y AUTOMOTRIZ DE UN INGENIO AZUCARERO, UBICADO EN EL
DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA**

Tema que me fuera aprobado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 12 de julio de 2016.

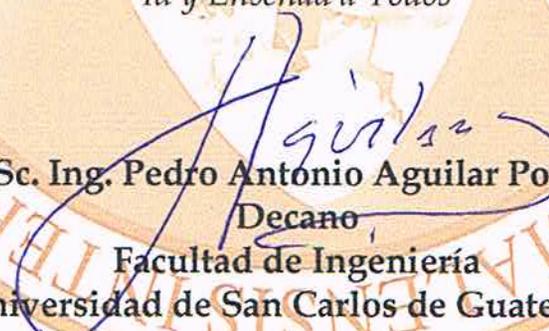

Angel Rodrigo Recinos Castellanos

Ref.APT-2018-028

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Postgrado, al Trabajo de Graduación de la Maestría en Artes en Energía y Ambiente titulado: **"PLAN DE MANEJO DE MATERIALES RESIDUALES GENERADOS EN EL TALLER AGRÍCOLA Y AUTOMOTRIZ DE UN INGENIO AZUCARERO, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA "** presentado por el Ingeniero Mecánico **Angel Rodrigo Recinos Castellanos**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

"Id y Enseñad a Todos"


MSc. Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, septiembre de 2018.

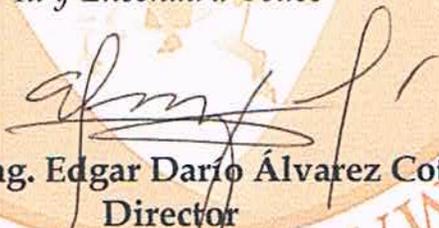
Cc archivo/LZLA.

Ref.APT-2018-028

El Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y dar el visto bueno del revisor y la aprobación del área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado **"PLAN DE MANEJO DE MATERIALES RESIDUALES GENERADOS EN EL TALLER AGRÍCOLA Y AUTOMOTRIZ DE UN INGENIO AZUCARERO, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA"** presentado por el Ingeniero Mecánico **Angel Rodrigo Recinos Castellanos**, correspondiente al programa de Maestría en Artes en Energía y Ambiente; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


M.A. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
Director

Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, septiembre de 2018.

Cc archivo/LZLA.

Ref.APT-2018-028

Como Coordinador de la Maestría en Artes en Energía y Ambiente doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado "PLAN DE MANEJO DE MATERIALES RESIDUALES GENERADOS EN EL TALLER AGRÍCOLA Y AUTOMOTRIZ DE UN INGENIO AZUCARERO, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA" presentado por el Ingeniero Mecánico Angel Rodrigo Recinos Castellanos.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

Maestro Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador(a) de Maestría
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala



Guatemala, septiembre de 2018.

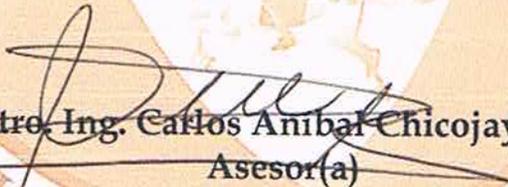
Cc: archivo/LZLA.

Ref.APT-2018-028

En mi calidad como Asesor del Ingeniero Mecánico Alan Manolo López Gálvez doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado "PLAN DE MANEJO DE MATERIALES RESIDUALES GENERADOS EN EL TALLER AGRÍCOLA Y AUTOMOTRIZ DE UN INGENIO AZUCARERO, UBICADO EN EL DEPARTAMENTO DE ESCUINTLA" quien se encuentra en el programa de Maestría en Artes en Energía y Ambiente en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Maestro Ing. Carlos Anibal Chicojay Coloma
Asesor(a)
Maestro en Energía y Ambiente

Guatemala, septiembre de 2018.

Cc: archivo/L.Z.L.A.

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por siempre guiarme y llenar mi vida de bendiciones.
- Mis padres** Marcelo Recinos y Gloria Castellanos de Recinos, por su amor, inspiración y apoyo en todo momento.
- Mi hermana** Alejandra Sofía Recinos Castellanos, por su apoyo y comprensión.
- Mi novia** Ana Christina Castillo Pappa, por su apoyo y paciencia.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por el don de la vida, guiar mi camino y bendecirme siempre.
Mi familia	Por siempre apoyarme y aconsejarme.
La Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser una importante influencia en mi carrera, entre otras cosas.
Mis tíos	Por el cariño y consejos que siempre me han brindado, en especial a quienes me han apoyado y motivado en mis estudios.
Mi asesor	M.Sc. Ing. Carlos Chicojay, por su apoyo y orientación en la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XV
OBJETIVOS.....	XIX
RESUMEN DE MARCO TEÓRICO.....	XXI
INTRODUCCIÓN.....	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Materiales residuales.....	1
1.2. Fuentes de generación.....	1
1.3. Manipulación de materiales residuales.....	2
1.3.1. Clasificación de residuos.....	2
1.3.1.1. Según su composición.....	2
1.3.1.2. Según su origen.....	3
1.3.1.3. Según su futura utilización.....	3
1.4. Acopio.....	3
1.5. Recolección de materiales residuales.....	4
1.6. Transporte de materiales residuales.....	5
1.7. Disposición final.....	5
1.8. Evaluación del impacto ambiental.....	6
1.9. Medidas de mitigación.....	7

2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1.	Generación de residuos	9
2.2.	Procesos actuales para el manejo y disposición de residuos ..	10
2.3.	Normativas utilizadas para la gestión de residuos en la actualidad.....	15
2.4.	Clasificación de los residuos generados por el taller agrícola y automotriz, según sus efectos sobre el ambiente	15
2.5.	Características importantes de los residuos peligrosos generados	23
2.6.	Acopio y transporte de los residuos	28
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	31
3.1.	Impacto ambiental.....	31
3.2.	Evaluación del impacto potencial generado, según tipo de residuo	31
3.2.1.	Metodología de evaluación de impacto ambiental...	32
3.2.2.	Orgánicos	34
3.2.2.1.	Impactos negativos	35
3.2.2.2.	Impactos positivos	36
3.2.3.	Vidrio	37
3.2.4.	Papel o cartón	38
3.2.5.	Metal	39
3.2.6.	Aceites usados	40
3.2.7.	Acumuladores	43
3.2.8.	Llantas.....	44
3.2.9.	Refrigerante de motor	49
3.3.	Disposición final de los residuos más significativos, según peligrosidad o volumen	50
3.3.1.	Metal	51

3.3.2.	Refrigerante de motor.....	53
3.3.3.	Llantas de desecho.....	54
3.3.4.	Aceite usado.....	56
3.3.5.	Acumuladores.....	58
3.4.	Áreas afectadas.....	59
3.5.	Manejo de residuos inflamables y sus implicaciones en el ambiente.....	60
3.6.	Manejo y almacenamiento temporal de llantas de desecho	61
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
4.1.	Medidas de mitigación	63
4.2.	Almacenamiento temporal de residuos	64
4.2.1.	Orgánico	64
4.2.2.	Vidrio	65
4.2.3.	Papel o cartón.....	66
4.2.4.	Metal.....	66
4.2.5.	Aceite usado.....	67
4.2.6.	Acumuladores.....	69
4.2.7.	Refrigerante de motor.....	70
4.2.8.	Llantas de desecho.....	71
4.3.	Transporte y disposición final de los residuos	72
4.3.1.	Orgánico	72
4.3.2.	Vidrio	73
4.3.3.	Papel o cartón.....	74
4.3.4.	Metal.....	74
4.3.5.	Aceite usado.....	76
4.3.6.	Acumuladores.....	77
4.3.7.	Refrigerante de motor.....	77
4.3.8.	Llantas de desecho.....	78

4.4.	Principales medidas de mitigación de áreas afectadas.....	78
4.4.1.	Aceite usado.....	79
4.4.2.	Acumuladores	81
4.5.	Gestión responsable de residuos.....	82
4.6.	Resumen del plan de manejo.....	83
CONCLUSIONES.....		87
RECOMENDACIONES		89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		91
ANEXO.....		97

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Batería de acopio taller central.....	11
2.	BATERÍA de acopio área de equipo de arrastre	12
3.	Área de almacenamiento de residuos metálicos	13
4.	Tanque para acopio de aceite usado	17
5.	Sistema de protección para derrames.....	18
6.	Cementerio de llantas	19
7.	Cementerio de llanta comercial	20
8.	Ingreso de llantas a horno	21
9.	Almacenamiento acumuladores de desecho.....	22
10.	Características de aceite Rimula R4-L 15W-40.....	24
11.	Área para fabricación de compost.....	29
12.	Pilas de compost	29
13.	Proporción de uso de lubricantes a nivel mundial	41
14.	Materia prima obtenida de llantas de desecho	56
15.	Generación de chatarra en el taller Agrícola y Automotriz	75
16.	Cantidad de aceite usado desechado anualmente.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

I.	Compuestos tóxicos	26
II.	Sustancias y subcategorías de residuos peligrosos.....	27
III.	Propuesta de clasificación de residuos	32
IV.	MATRIZ de Leopold para evaluación del impacto de materiales residuales sobre el entorno	33
V.	TRAZAS de metales hallados en pilas de desecho de llantas	47
VI.	Contaminantes causados por llantas de desecho	48
VII.	SIGNIFICANCIA de residuos según, efectos y volumen.....	50
VIII.	ASPECTOS principales en el manejo de materiales residuales*	84
IX.	Recomendaciones de mejora por etapa, según tipo de residuo*	85

LISTA DE SÍMBOLOS

mg/Kg	Miligramos por kilogramo
m ³	Metro cúbico
pH	Potencial de hidrógeno
mg/ m ³	Miligramos por metro cúbico
µg/ m ³	Microgramos por metro cúbico
µohm/µm	Microohmios por micro metro
°K	Grados Kelvin
Kg/m ³	Kilogramo por metro cúbico
Pa	Pascal
%	Porcentual
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agencia para sustancias tóxicas y registro de enfermedades)
EPA	Environment Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)

GLOSARIO

Acopio	Juntar o reunir algo en cantidad en uno o varios lugares específicos.
Contaminar	Alterar nocivamente la pureza o las condiciones normales de una cosa o un medio por agentes químicos o físicos.
Gestión responsable de residuos	Administración responsable de residuos velando por la protección del ambiente en todos los procesos, desde la generación hasta la disposición final de los mismos.
Impacto Ambiental	Conjunto de posibles efectos sobre el medio ambiente de una modificación del entorno natural, como consecuencia de obras u otras actividades.
Ingenio Azucarero	Organización agrícola industrial dedicada a la producción y comercialización de azúcar de caña y sus derivados.
Manejo	Manipulación y disposición de materiales para posterior tratamiento o almacenaje.

Medida de Mitigación	Acción correctiva generada para compensar o evitar un daño.
Recolección	Reunir los materiales ubicados en los puntos de acopio.
Residuo	Material o cuerpo no útil que surge luego de actividades o procesos humanos.
Taller Agrícola	Centro o establecimiento dedicado a brindar mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo a maquinaria utilizada para labores propias de la agroindustria.
Transporte	Movilización de materiales para ser llevados al punto de disposición final.

RESUMEN

La investigación se centra en conocer las implicaciones que pueden llegar a tener los distintos tipos de residuos generados en el taller agrícola y automotriz de un ingenio azucarero, ubicado en el Departamento de Escuintla. Para esto es necesario establecer relaciones entre los diferentes procesos involucrados luego de la generación de residuos, como la recolección, acopio, transporte y disposición final.

Considerando la variedad de residuos que se generan en el taller es necesario clasificarlos, según dos parámetros: composición y peligrosidad. Esto debe hacerse de esta manera, ya que los residuos pueden ser clasificados, según su composición cuando no requieren tratamientos especiales para su manipulación y transporte; sin embargo, hay residuos que necesitan ser tratados con especial cuidado, debido a las incidencias que pueden llegar a tener si es puesto en contacto con el ambiente o los seres vivos que interactúan con el residuo y el ambiente.

Luego de ser clasificados de forma adecuada, los residuos deben ser tratados de distinta forma para llegar hasta su disposición final, por lo que es necesario establecer lineamientos básicos a respetar para prevenir incidentes con consecuencias negativas. En algunos casos, la disposición final no puede ser ejecutada por el ente que generó los residuos; sin embargo, es responsabilidad de este buscar la mejor alternativa para que reciban el tratamiento adecuado y de forma responsable con el ambiente.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo de residuos, en su mayoría, es manejado de acuerdo a normativas internas de las instituciones privadas, las cuales velan por la reducción de impactos dentro de sus instalaciones y procesos; sin embargo, es necesario seguir procedimientos estandarizados que permitan la correcta gestión de residuos en diferentes instituciones y áreas a modo que se facilite y eficiente el acopio, transporte y disposición final adecuada de los residuos.

Actualmente, el manejo de residuos dentro de las instalaciones de las instituciones privadas se apega a las exigencias de las certificaciones vigentes que se tengan; sin embargo, aún quedan algunos vacíos que pueden llegar a afectar el ambiente durante las distintas etapas del manejo de residuos.

Los residuos generados, en muchos casos, no son clasificados para su posterior tratamiento. Esto implica que desde esta etapa se inicia una cadena de inconvenientes y posibles impactos negativos al ambiente, ya que todo el volumen de materiales residuales es manejado por igual. En el caso del taller agrícola y automotriz se generan residuos como producto de la actividad humana y del mantenimiento de maquinaria, ampliando la gama de clasificaciones a abarcar en el presente informe.

Al analizar las siguientes etapas del manejo de residuos se evidencia la flexibilidad de los procedimientos utilizados. En muchos casos el transporte y disposición final son manejados por las municipalidades que correspondan y en el mejor de los casos por una compañía privada dedicada al tratamiento de residuos. Esto deja un espacio que finalmente tiene un impacto negativo en el

ambiente, ya que no se tienen políticas estrictas que obliguen a todas las entidades a utilizar procedimientos amigables con el ambiente. En la realidad nacional aún existen entidades privadas que no cuentan con políticas que rijan el manejo de residuos, ocasionando daños al entorno y afectando a personas fuera de la empresa. En el caso del taller se tienen procedimientos que permiten el manejo de residuos a través de entidades internas; sin embargo, el alcance de estas no siempre cubre las necesidades que se tienen.

Al analizar los procesos y procedimiento actuales surgen algunas inquietudes que orientan el presente trabajo y para la elaboración de este informe se genera la siguiente pregunta principal: ¿cuáles son los efectos potenciales que tienen sobre el ambiente los materiales residuales generados en el taller agrícola y automotriz de un ingenio azucarero? ¿Y cómo deben manejarse estos residuos?

Y las preguntas auxiliares correspondientes:

1. ¿Qué residuos son más perjudiciales al medio ambiente? ¿Y cómo deben clasificarse?
2. ¿Los aceites de desecho, refrigerantes de motor entre otros líquidos residuales, tienen algún efecto sobre el entorno sobre el cual son desechados?
3. ¿Cómo pueden evitarse o mitigarse los efectos negativos que se generan sobre el medio ambiente, por residuos como chatarra, llantas y lubricantes?

De esto surge la necesidad de establecer procedimientos acorde a la normativa aceptada internacionalmente para la gestión de residuos, reduciendo y mitigando los daños al ambiente.

Para reducir los efectos negativos de los desechos generados por el taller agrícola y automotriz de un ingenio azucarero, es necesario estudiar el impacto ambiental de los mismos y así tomar acciones correctivas siguiendo normativas internacionales que velen por el cuidado del medio ambiente y el tratamiento de residuos a modo de reducir o mitigar los efectos que estos puedan tener sobre el entorno, esto teniendo consciencia de los efectos potenciales de cada tipo de residuo.

OBJETIVOS

General

Realizar el plan de manejo de los materiales residuales generados en el taller agrícola y automotriz de un ingenio azucarero, ubicado en el Departamento de Escuintla.

Específicos

1. Clasificar los residuos generados y evidenciar cuáles son más perjudiciales al ambiente, así como sus efectos sobre el entorno.
2. Evaluar el impacto ambiental generado por los aceites de desecho, refrigerante de motor y otros líquidos residuales.
3. Proponer medidas de mitigación del impacto ambiental generado por los materiales residuales del taller como chatarra, llantas, lubricantes y residuos peligrosos.

RESUMEN DE MARCO TEÓRICO

La investigación aborda la generación de residuos en el taller agrícola y automotriz de un Ingenio azucarero, ubicado en el Departamento de Escuintla, así como las diferentes alternativas que existen para el manejo y tratamiento de estos. Esto aborda desde los residuos generados por las necesidades más básicas de los humanos, hasta materiales nocivos al ambiente, propios de la actividad de mantenimiento de maquinaria. Para esto es necesario analizar los procedimientos utilizados actualmente y así identificar los puntos de mejora para proponer cambios que beneficien los distintos procesos y las consecuencias que este puede llegar a tener en el ambiente y los seres vivos.

Inicialmente se deben analizar los procedimientos utilizados actualmente para la manipulación, recolección, acopio, transporte y disposición final de los residuos. Deben identificarse los puntos básicos de los procedimientos, las clasificaciones utilizadas, las normas bajo las cuales están regidas (si hubiere) y los equipos utilizados para estas labores. Así mismo debe identificarse la disposición final que se le da a cada tipo de residuo, verificando si están involucrados residuos que representen riesgos significativos para las personas involucradas directamente o para el entorno. Es importante tomar en cuenta que los procedimientos utilizados no son regidos por una única entidad, con esto se quiere decir que pueden existir reglamentos a nivel internacional, estado o inclusive interno, dependiendo del alcance de los mismo.

Una vez identificados los puntos de interés, se busca definir los efectos potenciales que los residuos generados pueden llegar a tener sobre el ambiente y las personas. Para esto se recurre a investigaciones existentes que definan

estos efectos con base en experimentos realizados previamente. Se busca definir la importancia de los residuos generados, así como las consideraciones que deben tenerse con cada una de las clasificaciones existentes y propuestas, obteniendo una guía práctica aplicable a la realidad del taller agrícola y automotriz.

De esta forma se busca la identificación de puntos de mejora que permitan reducir los efectos potenciales que tienen los residuos generados, ya que estos están presentes en los procesos productivos del área. La intención es aplicar investigaciones y experimentos previos en las prácticas actuales de gestión de residuos, buscando la mejora continua de las operaciones realizadas en el taller, dando un enfoque de consciencia ambiental.

Finalmente se pretende elaborar una guía práctica que establezca medidas de mitigación efectivas y aprobadas por entidades gubernamentales y privadas que velen por el bienestar del ambiente. Estas medidas pueden ser tanto nacionales como internacionales, siempre que estas sean avaladas por entidades reconocidas y sean compatibles con la realidad nacional y de la empresa. Es importante que la implementación de esta guía sea factible, tanto operativa como económicamente a modo que sea atractiva para los inversionistas de la organización y pueda ser puesta en marcha en mediano plazo.

INTRODUCCIÓN

En la realidad actual de la empresa, cada una de las distintas áreas operacionales se rigen bajo distintos reglamentos, según las necesidades específicas de su actividad o producto final. En algunos casos es necesario apegarse a normativas internacionales por requerimiento de clientes, sin embargo, esto no es aplicable a todas las áreas o productos generados. En el caso del taller agrícola y automotriz del ingenio, los materiales residuales generados son manejados de distintas formas, según cada una de las entidades que son responsables de su tratamiento. Cada una de estas se rige bajo distintas normativas, incluyendo al taller. Es necesario estudiar los efectos que estos residuos tienen sobre el ambiente y sus elementos a modo de utilizar procedimientos que se adecuen a la operación y realidad nacional, ya que en su mayoría son desechos químicos no biodegradables, que de una u otra forma causan daño sobre las áreas involucradas.

En el primer capítulo se abarcan las fuentes de generación de residuos, consecuencias del manejo de materiales residuales, así como los procedimientos recomendados, para evitar daños o impactos negativos en los recursos naturales circundantes al área de taller, según el tipo de residuo y así establecer normas o directrices que puedan ser utilizadas en cualquier entidad que deba manejar desechos similares. Para esto es necesario tener un panorama claro de los materiales que se generan como producto de las actividades llevadas a cabo en las actividades de mantenimiento y reparación del taller agrícola y automotriz. Así mismo es importante comprender la magnitud de las operaciones y los residuos que se generan como parte de estas. Actualmente, se brinda mantenimiento a más de 7 500 máquinas y equipos distribuidas desde Chiquimulilla hasta

Retalhuleu en distintos centros de operación, tomando como centro de mantenimiento el taller agrícola y automotriz por lo que los volúmenes de generación de residuos son atípicos dentro de la industria azucarera.

En el segundo capítulo, se enfoca la generación de residuos y su clasificación en el taller agrícola y automotriz, presentando algunos de los tipos y características más importantes de los materiales residuales generados.

En el tercer capítulo, se dan a conocer los impactos potenciales de los diferentes tipos de residuos generados en el taller agrícola y automotriz, ya que de esto dependen las medidas a tomar para las etapas posteriores del proceso. Es importante tener un panorama completo de las incidencias de los materiales residuales y las áreas geográficas que pueden llegar a afectar.

En el cuarto capítulo, se analizan y proponen medidas de mitigación a tomar para los distintos tipos de residuos generados en los procesos del taller, desde el punto de vista de las etapas de almacenamiento temporal, transporte y disposición final de los materiales residuales.

Este trabajo busca analizar la situación actual y proponer una manera de manejo adecuado y ordenado de residuos, según sus características, ya sea de composición o por sus efectos sobre el entorno, a modo de lograr estandarizar la manipulación y acopio para una correcta disposición final.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Materiales residuales

Se entiende como material residual todo aquel subproducto generado en un proceso productivo o actividad humana, el cual no será de utilidad en dicho proceso. Estos subproductos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos; también pueden ser clasificados, según su composición, toxicidad, peligrosidad, entre otras características. Según Pérez (2010), los residuos son los materiales sobrantes de cualquier actividad y, por tanto, en el caso de los procesos productivos reflejan una falta de rendimiento o ineficacia del proceso y expresan una incapacidad de cerrar los ciclos productivos.

1.2. Fuentes de generación

Como se mencionó en título anterior, los materiales residuales son generados por actividad humana y procesos productivos, por lo que el tipo de material dependerá de dicha actividad. Existe una gran variedad de actividades y por ende, también una gran cantidad de tipos o clasificaciones de residuos. Según Hernández (2015), un residuo es cualquier material que su productor o dueño considera no tiene valor suficiente para retenerlo o conservarlo. Esto abre un amplio abanico de opciones para la generación de residuos, ya que prácticamente cualquier actividad realizada generará un subproducto útil y uno sin utilidad. Todos aquellos sin utilidad aparente serán considerados como residuos y deberán ser tratados como tales.

En el caso de las industrias productivas se generan gran cantidad y tipos de residuos distintos, abarcando desde materiales orgánicos y/o biodegradables hasta sustancias tóxicas y nocivas al ambiente. La industria azucarera no es distinta, ya que como producto de sus actividades se incurre en la generación de residuos como biomasa y residuos alimenticios hasta llegar a otros materiales más dañinos como lubricantes y chatarra. Esto incluye actividades humanas y procesos industriales.

1.3. Manipulación de materiales residuales

La manipulación de residuos es aquella actividad utilizada para movilizar estos materiales desde la fuente de generación hasta el punto de recolección. Esta está directamente relacionada con la clasificación de los residuos, ya que de esto dependen las actividades necesarias para su correcta manipulación.

1.3.1. Clasificación de residuos

Los residuos pueden ser clasificados, según distintas características como su composición, su origen y su futura utilización. Esta última depende en gran parte de la naturaleza del residuo, específicamente si es o no reciclable y la peligrosidad de este.

1.3.1.1. Según su composición

Esta clasificación se basa en la composición química de los residuos, tomando en cuenta los orgánicos, inorgánicos, peligrosos y la mezcla de los mismos. Es una práctica útil para la diferenciación de residuos al momento de buscar soluciones como el reciclaje o tratamiento especial de sustancias, así como también la fabricación de fertilizantes como es el caso del compost.

1.3.1.2. Según su origen

Esta clasificación se enfoca en la fuente de generación de los residuos, incluyendo domicilios, industrias, hospitales, comercios, centros urbanos y el espacio exterior; siendo particularmente útil para definir planes de acción por área geográfica, ya que la mayor parte de estas fuentes se encuentran en conglomerados.

1.3.1.3. Según su futura utilización

Esto abarca los materiales reciclables, no reciclables y residuos peligrosos. En el caso de los residuos reciclables incluye todos aquellos que puedan ser reprocesados para su reutilización, ya sea en la misma aplicación o no. Tal es el caso del papel, vidrio y la mayor parte de metales. Los materiales no reciclables son los que no aplican en esta categoría por falta de tecnología o un uso rentable que propicie su reutilización, como en el caso de las pilas, químicos y gran parte de residuos electrónicos. Por último, se consideran los residuos peligrosos, los cuales son desechados por su capacidad de dañar el ambiente y los habitantes como es el caso de residuos radioactivos, hospitalarios y biopeligrosos.

1.4. Acopio

Este se enfoca en el almacenamiento temporal de residuos, desde su generación hasta su recolección. Esta etapa define en gran parte el tratamiento que pueden llegar a tener los materiales residuales, ya que es la fase en la que la clasificación de los mismos es más factible y productiva.

Si los materiales son clasificados durante el acopio de los mismos, estos son fácilmente tratables y pueden llegar a ser reutilizados de mejor forma,

minimizando los impactos potencialmente negativos que pueden llegar a tener sobre el ambiente.

1.5. Recolección de materiales residuales

Según Hernández (2015) es la acción de retener temporalmente los residuos una vez generados y antes de ser recogidos o procesados. Se requiere de un tiempo, un depósito y un lugar adecuados. La forma de almacenamiento puede tener efectos importantes sobre las características de los residuos y sobre los pasos siguientes del manejo.

Esta etapa es de vital importancia, ya que es un punto vulnerable para la generación de plagas o vectores dañinos, como es el caso de la mosca. Por esta razón es importante la selección del recipiente y la duración del ciclo de recolección, desde la fuente de generación hasta el punto de acopio.

En el caso de los recipientes, su naturaleza dependerá del tipo de residuo que almacenará tomando normalmente como base la clasificación, según su composición. Esta puede ser más específica clasificando los residuos orgánicos e inorgánicos, según su tipo como lo es el vidrio, metal y papel; esto como una clasificación necesaria para el reciclaje.

En el caso de la duración del ciclo de recolección o frecuencia, tomará en cuenta la fuente de generación, clima y el ciclo de vida de vectores como la mosca, ya que busca evitar su reproducción. La fuente de generación es importante, ya que es distinto el tipo y cantidad de residuos generados por ejemplo, en un complejo habitacional que en una industria productiva. Sin embargo, ambos están expuestos a la generación de plagas, siendo un factor importante y determinante para la frecuencia de recolección de residuos.

1.6. Transporte de materiales residuales

Según Hernández (2015) es la acción de trasladar los residuos sólidos desde las estaciones de transferencia hasta plantas de clasificación, reciclado, valorización energética o disposición final.

Esta actividad puede ser desempeñada con distintos tipos de maquinaria; sin embargo, la más utilizada son camiones y góndolas de transporte por su capacidad de transporte y versatilidad de acceso a los puntos de almacenamiento temporal. Es importante que la maquinaria asignada a esta labor esté en condiciones adecuadas a modo que impida que los residuos que transporta puedan llegar a afectar el entorno que transita o los seres que en el habitan.

1.7. Disposición final

Es la fase final del proceso de gestión de materiales residuales, puede ir desde el almacenamiento definitivo hasta el reciclaje. Esta etapa puede diferenciarse básicamente de tres formas, vertederos a cielo abierto, relleno controlado y reciclaje.

En el caso de los vertederos a cielo abierto son aquellos espacios designados para la acumulación de residuos sin mayores controles ni clasificación de los mismos. Son los más dañinos, ya que están expuestos a los elementos, convirtiéndose en una fuente de contaminación. Esto debido a que son susceptibles a generación de plagas, contaminación de agua y lavado de contaminantes por lluvia.

En el caso de los rellenos controlados, son similares en concepto a los vertederos a cielo abierto con la diferencia de ser espacios controlados y aislados

de los elementos. Estos normalmente se convierten en áreas útiles para actividades específicas como por ejemplo áreas verdes.

En el caso del reciclaje, aplica a todos aquellos procesos en que se revitalizan materiales residuales como el papel, metales, algunos plásticos y cartones. Este es el fin ideal para todos los residuos; sin embargo, no en todos los casos se cuenta con la tecnología o no es rentable la renovación de los mismos, por lo que se recurre a los vertederos y rellenos.

1.8. Evaluación del impacto ambiental

Según la Gestión de Recursos Naturales en Colombia (2018) el impacto ambiental es la alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada. En términos simples, el impacto ambiental es la modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza.

Los impactos generados por un proyecto o actividad pueden ser benéficos o dañinos al entorno, dependiendo del tipo de material residual, así como de los tratamientos que estos reciban. Por esta razón, es importante identificar los efectos potenciales que los materiales residuales considerados pueden llegar a tener y así manipularlos y tratarlos velando por el cuidado del ambiente.

Según la Gestión de Recursos Naturales en Colombia (2018) los impactos ambientales pueden ser clasificados fundamentalmente de acuerdo a su origen siendo: a) impacto ambiental provocado por el aprovechamiento de recursos naturales, tanto renovables como no renovables b) impacto ambiental provocado por contaminación, los proyectos normalmente producen algún residuo c)

impacto ambiental provocado por la ocupación del territorio, normalmente causado cuando un proyecto modifica las condiciones naturales del terreno.

Dado que normalmente los proyectos generan impactos al entorno, tanto por la modificación que este sufre como por los residuos generados, es importante tomar acciones para contrarrestar estos posibles impactos. Esto es conocido como medidas de mitigación, las cuales son abordadas en el próximo apartado.

1.9. Medidas de mitigación

Son todas aquellas acciones tomadas o implementadas para contrarrestar los efectos potencialmente negativos de los materiales residuales sobre el ambiente y los seres que lo habitan. Estas son de gran importancia para la conservación del entorno y la sostenibilidad de los procesos.

Debido al crecimiento de la población mundial y la actividad humana, estas medidas cada vez son más importantes y deben ser más eficientes para ser de beneficio para el ambiente, ya que el volumen de generación de residuos está en crecimiento, tanto en volumen como diversidad.

Estas acciones pueden ser tanto preventivas como correctivas, dependiendo en qué fase del proceso de gestión de residuos sean aplicadas. Idealmente se busca prevenir los impactos; sin embargo, la cultura actual aún requiere que se tomen acciones correctivas sobre los efectos de los residuos en el entorno.

2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Generación de residuos

Se conoce como residuo a todo aquel material o cuerpo no útil que surge luego de cualquier proceso o actividad humana, el cual no tiene aplicación productiva o valor suficiente para conservarlo. Los residuos pueden clasificarse de distintas formas, siendo las más básicas: según su composición, su origen y futura reutilización.

El taller agrícola y automotriz es responsable de brindar mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo a toda la maquinaria utilizada en los procesos de campo, corte, alce y transporte de caña de azúcar del Ingenio, así como también vehículos livianos, de transporte de personal, camiones, maquinaria pesada y equipos de acondicionamiento de aire tanto residencial como vehicular. Estas tareas involucran distintos procesos que involucran la utilización de insumos para tareas de mantenimiento y reparación de equipos, generando desechos de distintos tipos abarcando desde desechos inorgánicos reciclables hasta sustancias dañinas al ambiente como los aceites usados.

Cada una de las áreas del taller brinda servicio a distintos tipos de equipo, clasificándose, según el tipo de maquinaria. Actualmente se tienen tres áreas principales siendo estos servicios, agrícola y equipo de arrastre.

En el caso del área de servicios, se enfoca en el mantenimiento de la flota de cabezales de transporte, buses de transporte de personal, grúas para mantenimiento de pozos, vehículos livianos, aire acondicionado y

electromecánica. Esta área genera residuos, que dentro de la clasificación, según su futura utilización, pueden considerarse como reciclables, no reciclables y peligrosos. Algunos ejemplos de estos pueden ser: rebabas metálicas, filtros usados, aceite usado, repuestos dañados, vidrio, entre otros.

En el caso del área agrícola se enfoca en brindar mantenimiento a la flota de maquinaria agrícola, pesada y abastecimiento de combustibles a equipos operando en campo (fuera del rango de alcance de gasolinera central). Esta área básicamente genera el mismo tipo de residuos que en el área de servicios, únicamente adicionando combustible contaminado, el cual debe ser retornado a gasolinera central para el tratamiento adecuado, ya sea para reutilización o desecho, dependiendo del contaminante presente.

En el caso del área de equipo de arrastre, se brinda mantenimiento a todo el equipo de arrastre propiedad de la empresa, así como mantenimiento preventivo semanal a toda la flota de cabezales. Aquí también se encuentra la llantera, responsable de la administración y mantenimiento de la flota de llantas de la totalidad de equipos propios. En esta área, básicamente se resume la generación de residuos a repuestos usados y llantas de desecho, siendo relevante, debido al volumen de residuos que se manejan diariamente. La llantera puede llegar a desechar alrededor de 30 llantas por día, adicionalmente se brinda mantenimiento semanal en promedio a 200 equipos al día en temporada de zafra.

2.2. Procesos actuales para el manejo y disposición de residuos

Actualmente, los residuos generados en el taller agrícola y automotriz son clasificados, según su composición a modo de poder darles un tratamiento y disposición final distinta a cada uno.

En cada una de las áreas del complejo se tienen baterías de cuatro recipientes que clasifican los residuos, según su composición, siendo estas: vidrio, papel y cartón, chatarra, orgánicos y basura. El recipiente destinado para chatarra únicamente se encuentra en las áreas que generan este tipo de residuo.

Los residuos almacenados en estos recipientes son retirados, según la programación semanal vigente, a modo de cubrir todas las áreas y evitar que estos se acumulen y superen la capacidad de cada depósito. El personal destinado a la labor de recolección debe abarcar todas las áreas correspondientes al taller agrícola y automotriz, siguiendo la programación según área de trabajo. La ruta a seguir es definida por el supervisor a cargo, la cual puede ser variada dependiendo de la priorización de actividades que se realiza al iniciar el día.

Figura 1. **Batería de acopio taller central**



Fuente: elaboración propia (2016).

Figura 2. **Batería de acopio área de equipo de arrastre**



Fuente: elaboración propia (2016).

En cuanto al procedimiento para manejo de residuos, el personal responsable de esta labor únicamente cuenta con equipo básico de protección (casco, lentes protectores, guantes de cuero); sin embargo, no se tiene un procedimiento definido para el manejo y traslado de estos materiales. Actualmente, el personal carga los residuos en un carretón rústico halado por un tractor de baja potencia, logrando transportar aproximadamente lo almacenado en tres baterías de recipientes. Los residuos son transportados y descargados hacia un centro de acopio general, en el cual se reúnen los residuos de distintas áreas de la empresa para definir su disposición final, siendo venta del material (en el caso de la chatarra mixta) o materia prima para la elaboración de compost (residuos orgánicos).

La disposición final de los residuos es responsabilidad de un área independiente del taller agrícola y automotriz, por lo que actualmente no se tiene

ningún control sobre el tratamiento final de los materiales descargados en el centro de acopio general.

En el caso de los residuos generados que no son clasificados en los recipientes de las baterías de desechos, deben ser clasificados y tratados de forma aislada, según sus propiedades. En esta categoría se encuentra: chatarra de primera, acumuladores usados, aceite usado y llantas de desecho. Cada uno de estos residuos tiene un manejo, transporte y disposición final distinto, ya que su valor comercial y potencial contaminante varían.

En el caso de la chatarra de primera, dado su valor comercial para reciclaje es recolectada y transportada al patio de almacenamiento de chatarra del área industrial. En esta área aislada únicamente se almacena desecho de hierro y acero para su posterior venta.

Figura 3. **Área de almacenamiento de residuos metálicos**



Fuente: elaboración propia (2016).

En el caso de los acumuladores usados, considerando que estos contienen plomo y ácido, deben ser tratados de forma especial. Actualmente estos son almacenados en instalaciones de taller para luego ser transportados por un tercero especializado en el reciclaje de estos materiales.

En el caso del aceite usado este es acopiado en tanques adecuados para esta labor, para luego ser vendido a terceros que lo utilizan como combustible para la generación de energía eléctrica.

En el caso de las llantas de desecho, estas son almacenadas en un patio destinado únicamente para esta labor. Considerando que estas tienen un valor comercial aun estando en mal estado, son cortadas por la parte del casco para asegurar que sean completamente inservibles como neumáticos para vehículos y así asegurar que no lleguen a causar accidentes en caso sean mal manejadas por terceros que transportan las llantas de desecho. Luego de la inspección final, estos materiales son acopiados por tres empresas ajenas a la organización, las cuales someten los residuos a distintos tratamientos, siendo estos: reciclaje de bandas, reciclaje de hule y aprovechamiento de los neumáticos como combustible. En el caso particular de estas empresas, todas cuentan con certificados que los acreditan como entidades de manejo responsable de neumáticos con el ambiente.

Los procedimientos utilizados actualmente para el manejo y transporte de residuos han sido adecuados a las necesidades de la operación de la organización, siempre estando afectos a mejora continua.

2.3. Normativas utilizadas para la gestión de residuos en la actualidad

Actualmente, el Ingenio cuenta con distintas certificaciones que acreditan la inocuidad y calidad procesos independientes, abarcando desde la siembra hasta el procesamiento del producto final como en el caso del azúcar y el alcohol.

Dentro de las certificaciones actuales se tienen FSSC 22000, OHSAS 18001, BONSUCRO e ISO 9001. Estas acreditaciones certifican la calidad de los productos y procesos a modo de abrir nuevos mercados, esto implica el control sobre todos los procesos que de alguna forma tienen incidencia sobre el producto final.

En el caso del taller agrícola y automotriz se cuenta con certificación ISO 9001:2008, esta abarca temas de gestión de la calidad y procesos productivos; sin embargo, no trata directamente gestión de residuos. Asimismo, todos los procesos deben cumplir con lo establecido en el Acuerdo Gubernativo No.111-2005 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Acorde a esta normativa se han definido procesos internos de la organización para el manejo de residuos siempre cumpliendo con lo enunciado anteriormente, sin embargo estos procesos están sujetos a modificación para mejora continua.

2.4. Clasificación de los residuos generados por el taller agrícola y automotriz, según sus efectos sobre el ambiente

El taller agrícola y automotriz clasifica los residuos, según su composición tomando en cuenta su incidencia sobre el ambiente. Esto se realiza evaluando la forma de acopio necesaria, método para manipulación adecuada y requerimientos para el transporte del mismo.

En primera instancia se clasifican los residuos de forma básica, según su composición, siendo: orgánicos, vidrio, papel o cartón y chatarra. Sin embargo, estas clasificaciones son utilizadas únicamente en las baterías de acopio, ya que estas no abarcan la totalidad de residuos generados, creando la necesidad de nuevas clasificaciones y puntos de acopio, especialmente para aquellos residuos dañinos o peligrosos que no pueden ser desechados en un recipiente plástico.

Dado que el taller abarca el mantenimiento de toda la maquinaria agrícola, pesada, de transporte, implementos, etc. Son generados residuos como lubricantes de desecho, acumuladores, sustancias corrosivas, sustancias inflamables y llantas. Esto implica necesariamente definir nuevas categorías de desecho y un procedimiento distinto para el manejo de cada uno de ellos, ya que tanto el manejo como sus efectos sobre el ambiente son diferentes.

Actualmente se tienen categorías para hidrocarburos (aceites usados y combustibles contaminados), llantas de desecho y acumuladores de desecho. Cada una de estas categorías cuenta con procedimientos distintos, ya que estos productos tienen distintos efectos ambientales y valor comercial.

En el caso de los hidrocarburos, dado que estos son dañinos al suelo deben tener un manejo distinto a modo de evitar derrames. Según Zamora (2012), el derrame de hidrocarburos de petróleo al suelo tiene impactos importantes en la actividad de los microorganismos, y afecta la funcionalidad del ecosistema; la contaminación con hidrocarburos ocasionó un aumento de la saturación con aluminio y disminución del pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico del suelo, modificación de la comunidad bacteriana y reducción de su diversidad por selectividad de grupos funcionales.

Considerando esto todos los residuos con base hidrocarburos son almacenados en tanques diseñados para este fin. Se cuenta con un tanque subterráneo y uno a nivel del suelo. En el caso del tanque superior cuenta con protección para derrames, tanto en infra estructura como en sistema de alarma como puede apreciarse en las figuras 4 y 5. Estos son vaciados de forma quincenal por un tercero especializado en este tipo de extracciones, que luego recicla este recurso a modo aprovechar sus características como lubricante y en algunos casos como combustible para generación de energía eléctrica, dado la capacidad calórica de los aceites base hidrocarburo.

Figura 4. **Tanque para acopio de aceite usado**



Fuente: elaboración propia (2016).

En la figura 4 puede apreciarse la protección contra derrames con la que cuenta el tanque de recepción de aceite de desecho. Este es utilizado exclusivamente para almacenamiento de aceite de motor, ya que en el caso del aceite hidráulico, este recibe tratamientos distintos para ser tratado. La figura 5 permite visualizar más de cerca el dique de contención y la alarma visual.

Figura 5. **Sistema de protección para derrames**



Fuente: elaboración propia (2016).

En el caso de las llantas de desecho estas están compuestas principalmente de caucho, acero y sustancias químicas que brindan propiedades anti desgaste y mejoradoras de la fricción para el buen desempeño de estas en carretera. Estas presentan el inconveniente que son materiales de difícil degradación, esto significa que pueden permanecer por años antes de llegar a degradarse completamente. Esto afecta directamente el ambiente, ya que este demora demasiado en regresar los elementos a su estado natural, siendo necesarios procesos adicionales para el procesamiento de estos materiales si lo que se busca es un efecto mínimo sobre el ambiente. Actualmente se consideran los efectos que las llantas de desecho tienen sobre el ambiente, por lo que se han buscado soluciones amigables con el ambiente que permitan procesar estos residuos de forma adecuada. En el taller se desechan en promedio 30 llantas

por día en temporada de zafra, siendo como mínimo 5.400 llantas al año, esto si se toman en cuenta únicamente los 180 días que la zafra normalmente dura. Esto forma un volumen considerable de desechos, que vistos de otra forma son suficientes para llenar más de 45 contenedores de 20 pies de longitud. Es por esta razón que el taller trabaja en conjunto con tres organizaciones dedicadas al procesamiento o reciclaje de llantas, todas involucran procesos amigables con el ambiente.

Figura 6. **Cementerio de llantas**



Fuente: elaboración propia (2016).

Actualmente, el área para acopio de llantas de desecho está ubicada en un espacio definido, sin embargo, no se encuentra fuera del alcance de los elementos, y los residuos están en contacto con el suelo.

Figura 7. **Cementerio de llanta comercial**



Fuente: elaboración propia (2016).

Una de las disposiciones finales que se les da a las llantas de desecho, a través de una de las organizaciones terceras, es el reciclaje de las llantas. Para esto se someten a un proceso de separación de caucho y acero a modo de tratar las dos sustancias de forma separada. En el caso del acero es acopiado y reciclado, a través de procesos de fundición. Sin embargo, en el caso del caucho que es el que forma mayor volumen, este es separado y luego fundido para la elaboración de distintos productos, los cuales son en parte retribuidos a la empresa que genera las llantas de desecho, en este caso el taller. Estos productos son fabricados, según requerimiento, en el caso del taller agrícola y automotriz se buscan accesorios útiles en los procesos productivos y de mantenimiento como alfombras protectoras que absorben impactos protegiendo el suelo de concreto, entre otras aplicaciones.

Otro proceso utilizado es la utilización de llantas como combustible. En este caso, las llantas son ingresadas a un horno de proporciones considerables para ser incineradas. El calor generado es utilizado en procesos productivos de la

organización responsable. Para llevar a cabo este proceso de manera responsable es necesario contar con filtros que permitan separar partículas sólidas en los gases de escape, que puedan ocasionar daños severos al ambiente.

Figura 8. **Ingreso de llantas a horno**



Fuente: Proverde, 2016.

En el caso de la última alternativa, la empresa responsable se encarga de reutilizar las bandas de los neumáticos a modo de reutilizar cascos en buenas

condiciones, a través del reencauche. Este proceso únicamente aplica a aquellos neumáticos que hayan sido desechados por heridas laterales que no afecten la integridad de la banda a modo de ser retirada del casco original e instalada en otro casco, a través de procesos de vulcanización.

Por otro lado, toda la maquinaria que utiliza un motor de combustión interna necesitan un acumulador o batería para el arranque, por lo que eventualmente generan residuos de este tipo. Dado que estas están compuestas principalmente de plástico, plomo y ácido deben ser manejadas con precaución para su posterior separación y reciclaje. Actualmente estas son acopiadas por personal capacitado para el manejo de estas, para luego ser enviadas a reciclaje por un tercero. Su valor se enfoca principalmente en el plomo que contiene, también deben separarse sus otros componentes.

Figura 9. **Almacenamiento acumuladores de desecho**



Fuente: elaboración propia (2016).

2.5. Características importantes de los residuos peligrosos generados

El taller agrícola y automotriz genera distintos tipos de residuos, siendo algunos de ellos reciclables, otros orgánicos y en algunos casos también hay residuos peligrosos. La peligrosidad de un residuo está dada en función de su reactividad, explosividad, corrosividad, toxicidad, inflamabilidad y bioinfectabilidad. De esta forma, se puede definir un residuo peligroso como aquel que puede presentar riesgo a la salud o causar efectos adversos al medio ambiente.

Tomando en cuenta el significado de residuos peligrosos, así como los residuos generados en el taller, es conveniente determinar cuáles de ellos corresponden a esta categoría para conocer sus implicaciones.

Para este fin no se tomarán en cuenta los residuos que aplican a la clasificación actual de las baterías de acopio, según su composición estos en su mayoría son reciclables, biodegradables o reutilizables y no presentan mayores riesgos a la salud. Sin embargo, en el taller se generan residuos que si presentan cierto grado de peligrosidad, especialmente aplican aquellos que son inflamables, explosivos, corrosivos y reactivos. Es importante mencionar que un residuo peligroso puede tener más de una de estas características, esto únicamente aumenta el grado de peligrosidad, ya que distintas variables pueden causar reacciones que dañen el ambiente o a las personas cercanas.

En el caso de aquellos residuos que son inflamables se tienen todos los aceites usados, combustibles y solventes contaminados y llantas de desecho. Estos residuos requieren de condiciones de almacenamiento aislados a modo de mantenerlos lejos de fuentes de fuego o calor, ya que la capacidad calórica de estos es suficiente como para transformar su energía en fuego bajo condiciones

adecuadas. Dado que estos materiales estos tienen un punto de inflamación, en el caso de los lubricantes este es definido por el fabricante para fines técnicos, también es útil para tomar las precauciones necesarias para el almacenamiento y manipulación de los residuos de este tipo. Según Shell Lubricants, el punto de inflamación para el aceite de mayor uso en el taller (Rimula R4 L 15W-40) es de 204 grados Celsius, sin embargo, esto es válido para lubricante nuevo. Esta propiedad se degrada conforme el uso, por lo que en el aceite de desecho este es ligeramente menor.

Figura 10. **Características de aceite Rimula R4-L 15W-40**

9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS	
Color	Ambar.
Estado físico	Líquido a temperatura ambiente.
Olor	Característico a aceite mineral.
Valor pH	Datos no disponibles.
Presión de vapor	Se supone que es menor que 0,5 Pa a 20° C.
Punto de ebullición inicial	Se supone que sea >280° C.
Solubilidad en Agua	Insignificante.
Densidad	Aproximadamente 900 kg/m ³ a 15°C.
Punto de inflamación	204°C mínimo. (V.A.).

www.shell.com 

Fuente: Shell Lubricants, versión 1.1.

En el taller también se generan residuos considerados explosivos, algunos de ellos se encuentran en la categoría de inflamables. Dentro de esta categoría se encuentran los combustibles contaminados y algunos solventes como el thinner. Estos al encontrarse en espacios confinados y ser expuestos a fuentes de calor pueden llegar a ocasionar una explosión. Un ejemplo claro es un barril utilizado para almacenamiento de gasolina, al estar vacío aún cuenta con

vapores inflamables que al encontrarse confinados se convierten en explosivos bajo las condiciones necesarias para la ignición del gas. Así mismo se tienen recipientes que han sido utilizados para almacenamiento de solventes, principalmente aquellos que son mezclados con pintura automotriz o que son utilizados para la limpieza de piezas. Estos muchas veces son reutilizados por el personal, subestimando el riesgo que conlleva reutilizar un recipiente con vapores inflamables.

Por otro lado, los procesos de mantenimiento involucran insumos que generan residuos reactivos. Según la EPA (Environmental Protection Agency) los residuos reactivos son todos aquellos inestables y que reaccionan de forma violenta e inmediata sin detonar, reaccionan violentamente con el agua, generan gases, vapores y humos tóxicos en cantidades suficientes para provocar daños a la salud, que poseen cianuros o sulfuros que sean liberados como vapores, y aquellos que son capaces de producir una reacción explosiva o detonante bajo la acción de un fuerte estímulo inicial o de calor en ambientes confinados. Esto hace aún más estrecha la relación entre las subcategorías mencionadas anteriormente, ya que los residuos manejados en su mayoría cumplen con más de dos características peligrosas. En esta subcategoría, se puede encontrar a los combustibles contaminados, solventes, ácidos y acumuladores usados. Todos estos requieren una manipulación especial en el sentido que son sustancias inestables que pueden reaccionar fácilmente ante factores externos como el agua.

En el caso de los residuos corrosivos son todos aquellos que presentan cualquiera de las siguientes características: ser acuoso y tener un $\text{pH} \leq 2$ y ≥ 12.52 , ser líquido y corroer el acero a una tasa mayor de 6.35 mm/año a una temperatura de 55 grados Celsius, de acuerdo al método NACE. (Environmental

Protection Agency 1980 en Benavides 1997). Considerando esto se tienen básicamente algunos ácidos, incluyendo el utilizado en acumuladores de carga.

En el caso de los residuos tóxicos, estos son definidos como aquellos que tienen el potencial de causar la muerte, lesiones graves, efectos perjudiciales para la salud si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel. En la tabla I, se enumeran algunos compuestos tóxicos, cualquier sustancia con presencia de alguno de estos compuestos es considerada como tóxica. En el caso de los residuos generados en el taller pueden considerarse refrigerantes de motor, solventes, ácidos y acumuladores.

Tabla I. **Compuestos tóxicos**

Compuestos y sustancias tóxicas para los seres humanos	
Metales carbonilos	Compuestos inorgánicos del flúor, con exclusión del fluoruro cálcico
Berilio y sus componentes	
Cromo hexavalente y sus compuestos	Asbesto (polvo y fibras)
Compuestos de cobre	Compuestos orgánicos del fósforo
Compuestos de zinc	Cianuros orgánicos
Arsénico y sus compuestos	Fenoles, compuestos fenólicos, incluyendo clorofenoles
Selenio y sus compuestos	
Cadmio y sus compuestos	Solventes orgánicos halogenados y no halogenados
Antimonio y sus compuestos	
Telurio y sus compuestos	Cualquier sustancia del grupo de los dibenzofuranos policlorados
Mercurio y sus compuestos	
Talio y sus compuestos	Cualquier sustancia del grupo de la dibenzoparadioxinas policloradas
Plomo y sus compuestos	
Cianuro inorgánico	Otras sustancias

Fuente: Tratamiento y Estrategia en la Gestión de Residuos (2015).

Con base en la información planteada en párrafos anteriores se han clasificado los principales residuos peligrosos generados en el taller agrícola y automotriz a modo de visualizar el nivel de peligrosidad de cada sustancia. Esto es aplicable, tanto en el manejo como en el impacto que estos pueden generar sobre el ambiente.

Para esto se desarrolló la tabla II, tomando como base las características principales de cada sustancia, a modo de visualizar cuáles de estas son potencialmente más peligrosas.

Tabla II. **Sustancias y subcategorías de residuos peligrosos**

Sustancia	Inflamable	Explosivo	Reactivo	Corrosivo	Tóxico
Aceite usado	X	X			X
Combustible contaminado	X	X	X		X
Solventes	X	X	X		X
Llantas de desecho	X				
Acumuladores			X	X	X
Refrigerante de motor					X

Fuente: elaboración propia (2016).

Como puede apreciarse en la tabla II, la mayor parte de residuos califican al menos en dos subcategorías, esto permite apreciar la peligrosidad y la escala de impacto de estas sustancias. En el caso del aceite usado puede notarse que califica en tres subcategorías, siendo esta una sustancia inflamable, explosiva y tóxica. Esto significa que su manejo es riesgoso en cuanto a la probabilidad de fuego y también es tóxico en caso de ser ingerido. Cabe resaltar que su toxicidad también aplica en el caso que este sea derramado en suelos, alterando las propiedades de este y a su vez contaminando la vegetación que vive en el entorno afectado.

2.6. Acopio y transporte de los residuos

El taller Agrícola y Automotriz tiene definidos actualmente procesos para el acopio y transporte de residuos, clasificándolos, según su composición y peligrosidad. Como se ha mencionado en apartados anteriores, los residuos son acopiados de dos formas distintas. En el caso de los residuos orgánicos, vidrio, papel y cartón, estos son acopiados mediante las baterías de recipientes disponibles en diferentes puntos del taller. El transporte de estos residuos se realiza, a través de tractores agrícolas y carretones. Dado que las baterías de recipientes incluyen cuatro tipos distintos de residuos el tractor debe recorrer las instalaciones del taller recolectando un solo tipo de residuo, ya que la capacidad del vehículo y la cantidad de recipientes así lo requieren. Una vez recolectados los residuos son llevados al punto donde será la disposición final correspondiente a la organización. Esto se hace, según sea el tipo de residuo.

En el caso de los residuos orgánicos estos son transportados a las instalaciones de la compostera. Esta se encuentra en una finca aproximadamente a 5 kilómetros del taller, en la cual los residuos orgánicos son vertidos en pilas para la elaboración de compost. Este es utilizado para la fertilización de terrenos utilizados para el cultivo de orquídeas y algunas otras flores exóticas. También es utilizado en terrenos para producción de caña de azúcar, en su mayoría correspondientes al área de Investigación Agrícola, a modo de tener trazabilidad y estudios sobre los efectos del compost en el cultivo.

Figura 11. **Área para fabricación de compost**



Fuente: elaboración propia (2016).

La figura 11 muestra el área definida para la elaboración de compost. Esta se encuentra en las cercanías de las fuentes de generación, por lo que el transporte no representa una problemática. Por esta razón es importante una administración adecuada sobre la compostera, ya que de lo contrario esta podría llegar a ser una fuente de propagación de plagas.

Figura 12. **Pilas de compost**



Fuente: elaboración propia (2016).

Las pilas de compost que pueden apreciarse en la figura 12 corresponden a la disposición final de los residuos orgánicos, los cuales finalmente son utilizados para la fertilización de suelos.

Por otro lado, en el caso de los residuos de vidrio, papel y cartón son entregados a terceros especializados en el reciclaje de estos materiales. Básicamente estos son recolectados y transportados al punto de entrega en el cual una empresa ajena a la organización se encarga de transportar y reciclar estos materiales.

3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Impacto ambiental

Se considera impacto ambiental como aquellos efectos causados al entorno por actividades humanas. Estos pueden ser causados por distintas razones como alteraciones en ciclos biológicos o inserción de elementos o materiales ajenos al entorno.

Para efectos de la investigación, se considera el impacto ambiental como todos aquellos efectos negativos causados por la presencia de residuos o contaminantes, que finalmente alteran los ciclos biológicos y la salud de los seres vivos.

3.2. Evaluación del impacto potencial generado, según tipo de residuo

A nivel general todos los procesos productivos involucran insumos y generación de residuos, los cuales pueden ser clasificados de diferentes maneras. Cada uno de estos tipos de residuos están compuestos de diferentes elementos, y por ende, reaccionan de manera particular a la exposición al ambiente. Dicho de otra forma estos tienen diferentes efectos potenciales sobre el ambiente, lo cual hace necesario que cada uno de estos sea manipulado y tratado de forma distinta y adecuada, a modo de evitar en la medida de lo posible incidencias negativas sobre el entorno.

En el taller Agrícola y Automotriz se tienen varios tipos de residuos, abarcando desde orgánicos hasta tóxicos, lo cual hace necesario el clasificar y

conocer la composición cada uno de estos así como sus posibles efectos sobre el ambiente y las personas que se ven involucradas directa o indirectamente en los procesos de acopio, recolección y disposición final.

Considerando la variedad de residuos generados en el taller, así como la importancia de la clasificación de estos para manipularlos y tratarlos de la mejor forma, se reclasificaron, según lo especificado en la tabla III.

Tabla III. **Propuesta de clasificación de residuos**

Residuo	Biodegradable	Reciclable	Peligroso
Orgánicos	X		
Papel o carton		X	
Vidrio		X	
Metales ferrosos		X	
Metales no ferrosos		X	
Aceites de desecho			X
Llantas de desecho		X	
Sustancias químicas			X

Fuente: elaboración propia (2016).

Según lo especificado en la tabla III, se describirán las incidencias principales que cada tipo de residuo puede llegar a tener con un enfoque ambiental y de alguna forma sobre la salud humana. Esta clasificación tiene un punto de vista aplicable al manejo de residuos en el taller, ya que para cada una de estas, se buscará una vía administrativa para el manejo de los mismos.

3.2.1. Metodología de evaluación de impacto ambiental

Dado que este apartado busca evaluar el impacto de los principales materiales residuales generados en el taller Agrícola y Automotriz, se utiliza la

matriz de Leopold como un método cualitativo de evaluación de impacto sobre los elementos. Para esto se toma una magnitud negativa si su principal efecto es pernicioso o positivo si genera un bien al entorno; por otro lado, la importancia se evalúa únicamente con números positivos, según la incidencia de la variable. A continuación se presenta el resultado.

Tabla IV. **Matriz de Leopold para evaluación del impacto de materiales residuales sobre el entorno**

	Orgánicos	Vidrio	Papel o cartón	Metálicos	Aceites usados	Llantas usadas	Acumuladores (baterías)	Refrigerante de motor	Promedios positivos	Promedios negativos	Promedios aritméticos
Agua superficial	-2 3	-2 2	-1 1	-5 3	-8 6	-3 3	-7 5	-8 6	0	8	-166
Agua subterránea	-2 3	-2 1	-1 1	-5 3	-8 6	-3 3	-7 5	-8 4	0	8	-148
Aire	-3 3	-2 2	-1 1	-1 1	-2 1	-5 5	-4 4	-1 1	0	8	-59
Suelo	3 3	-2 1	-1 1	-5 3	-8 6	-3 2	-6 5	-7 4	1	7	-121
Flora	3 1	-2 1	-2 1	-5 3	-8 6	-2 2	-6 5	-7 4	1	7	-126
Fauna	-3 1	-2 3	-2 1	-2 2	-8 6	-1 1	-3 4	-8 4	0	8	-108
Personas	-3 1	-2 1	-2 1	-3 2	-4 4	-6 3	-8 7	-8 4	0	8	-135
Promedios positivos	2	0	0	0	0	0	0	0	2		
Promedios negativos	5	7	7	7	7	7	7	7		54	
Promedios aritméticos	-15	-22	-10	-71	-258	-72	-214	-201			-863

Fuente: elaboración propia (2016).

Como se observa en la tabla IV, todos los materiales residuales son potencialmente más negativos que positivos sobre el entorno; sin embargo, resaltan los aceites usados, acumuladores de desecho y el refrigerante de motor, por lo que más adelante se hará énfasis en las medidas de mitigación de estos.

Asimismo, puede notarse que los elementos menos afectados por estos contaminantes son el aire y la fauna, todos los demás son mayormente impactados por los posibles efectos negativos de estos materiales. Es importante resaltar que los efectos positivos únicamente se observan en los materiales residuales orgánicos, ya que dada su naturaleza es más fácil para el ambiente degradarlos.

3.2.2. Orgánicos

Son todos aquellos residuos compuestos de materia orgánica. Estos son de origen natural y normalmente son generados por restos de alimentos o procesamiento de materias primas para la producción de productos alimenticios. Estos son caracterizados por su rápida descomposición y absorción por medio de procesos naturales, siempre que sean manejados de forma correcta.

Estos residuos son generados en la mayor parte de procesos que involucran seres humanos, ya que gran parte de ellos son restos de alimentos, este es el caso del taller. La gran mayoría de residuos de este tipo son generados en las áreas destinadas para alimentación del personal, las cuales cuentan con baterías de clasificación y acopio como las presentadas en el primer capítulo.

Este tipo de residuos, a pesar de ser de origen natural también son capaces de contaminar el ambiente de distintas formas. Estos pueden llegar a afectar suelos, cuerpos de agua y el aire. Así mismo pueden llegar a tener efectos negativos como la formación de vectores sanitarios y contaminación visual. Todos estos efectos son capaces de alterar las condiciones de un ecosistema; sin embargo, este tipo de residuos tiene la cualidad de ser gestionado de forma adecuada, para evitar sus efectos negativos y aprovechar sus componentes para

generar impactos positivos como la recuperación de suelos y el aumento de productividad de los mismos.

3.2.2.1. Impactos negativos

- Contaminación de suelos

La integridad de los suelos puede verse comprometida o alterada por la acción de lixiviados, lo cual ocasiona que este quede inutilizable por un tiempo prolongado. Estos contaminantes pueden llegar a afectar corrientes de agua que arrastren estas sustancias, así como seres vivos que se desarrollen o alimenten en el entorno, esto solo expande los efectos negativos de los contaminantes en cuanto al área afectada.

- Contaminación de aguas

Al momento de acopiar estos residuos o al llegar a su disposición final pueden verse expuestos a los elementos. Esta situación permite que se llegue a contaminar el entorno, como en el caso del agua. Esta tiene la característica de mezclarse con varios de los contaminantes presentes en los residuos, lo que ocasiona que tanto el agua corriente como el agua subterránea se vean afectadas por estas sustancias.

La contaminación de este recurso puede llegar a afectar el entorno y los seres que en él habitan, mediante el consumo de agua contaminada. Esta situación puede ocasionar y transmitir enfermedades, a través de microorganismos perjudiciales para la salud.

- Contaminación atmosférica

Durante el proceso de descomposición y como resultado de la actividad de microorganismos, los residuos orgánicos emiten gases como metano y dióxido de carbono. Estos son elementos contaminantes para la atmósfera, debido a su efecto invernadero.

- Vectores

Estos son los que permiten la proliferación de plagas como en el caso de las moscas, zancudos, roedores, entre otros. Debido a los componentes de los residuos orgánicos y las reacciones fisicoquímicas que estos sufren durante su descomposición representan potenciales vectores sanitarios, convirtiéndose en focos para la propagación de enfermedades. Esto puede evitarse, mediante el movimiento constante de los residuos, como en el caso de la fabricación de compost.

3.2.2.2. Impactos positivos

- Recuperación de áreas

Debido a que los residuos están compuestos por elementos orgánicos y son de fácil descomposición, estos pueden ser absorbidos por el suelo. Esto permite que bajo la gestión adecuada pueda elaborarse fertilizante, a partir de residuos orgánicos y así recuperar las propiedades del suelo de forma natural. Para esto se utiliza el compost, el cual es fabricado a partir de residuos orgánicos y un procedimiento de movimiento del material, lo que permite que el proceso de descomposición homogéneo que tiene como resultado materia orgánica de fácil manejo para fertilización de suelos.

- Productividad

La productividad de los suelos puede verse afectada de forma positiva por la utilización de compost, ya que recupera y mejora las propiedades del mismo como la retención de nutrientes como el nitrógeno y el fósforo. Así mismo mejora la capacidad de retención de humedad ayudando al desarrollo de las plantas (Henaó, 2008).

3.2.3. Vidrio

El vidrio es un material con distintas aplicaciones industriales, lo cual conlleva a que existan distintos tipos de vidrio. Cada uno de estos tipos tiene diferentes proporciones y sustancias que lo componen de modo que sus efectos pueden variar en función de su composición. Sin embargo, una de las características del vidrio es su prolongado tiempo de degradación. Según el U.S. National Park Service el vidrio puede demorar hasta un millón de años en desintegrarse.

Estas condiciones hacen del vidrio un residuo de suma importancia, ya que a pesar de sus componentes no son fácilmente liberados al ambiente, los residuos de este material pueden llegar a permanecer periodos de tiempo significativamente amplios.

En el caso del taller Agrícola y Automotriz, los residuos de este tipo básicamente pueden clasificarse de dos formas: envases y vidrio automotriz. En el caso de los envases, se tiene la desventaja que estos pueden estar contaminados ya sea con sustancias alimenticias o con químicos como los solventes. En el caso del vidrio automotriz hace referencia a restos de vidrios

utilizados en distintos tipos de maquinaria que, debido a daños deben ser reemplazados.

Estos residuos básicamente pueden llegar a ocasionar daños físicos, debido a sus propiedades punzo cortantes, en caso no sean almacenados de forma adecuada. Por otro lado, los restos de vidrio pueden almacenar pequeñas cantidades de agua de modo que podrían llegar a conformar vectores sanitarios por su período prolongado de degradación. Esto hace necesario tener alta rotación sobre los materiales, con el fin que sean enviados a reciclaje antes que lleguen a propiciar el desarrollo de plagas.

3.2.4. Papel o cartón

Este tipo de residuos proviene en su mayoría de empaquetaduras de distintos productos abarcando desde productos alimenticios hasta envolturas de elementos mecánicos.

Se han identificado cinco formas de impacto ambiental que pueden llegar a generar estos residuos: potencial calentamiento global, toxicidad, contaminación de agua, acidificación, residuos sólidos (Beukering 1996).

Por estas razones es importante tomar en cuenta estos residuos, ya que tienen un alto potencial contaminante si no son tratados adecuadamente. Por esto, debe evitarse la exposición del material al ambiente, ya que por estar compuesto de fibras naturales, su descomposición es más acelerada, liberando contaminantes al ambiente.

Estos residuos tienen la ventaja de ser reutilizables o bien reciclables, siendo una alternativa menos dañina para el ambiente para la disposición final

de los residuos. Fabricar papel utilizando papel usado, generalmente es un proceso más eficiente y limpio que fabricarlo, a partir de árboles, ya que gran parte del trabajo de extracción de fibras ya ha sido realizado. Eso significa que se utiliza menor cantidad de energía, agua y químicos, por lo tanto, se libera menor cantidad de contaminantes al aire y agua (Environmental Defense and the Alliance for Environmental Innovation, 1998).

3.2.5. Metal

Este tipo de residuo surge principalmente de cambio de piezas mecánicas y reparaciones estructurales en maquinaria. Básicamente se tienen distintos tipos de acero, aleaciones de aluminio y bronce. Dado que los metales son obtenidos, a partir de minerales, con el tiempo estos son degradados por el ambiente hasta llegar a su forma natural, sin embargo, el tiempo para que esto ocurra en su totalidad es prolongado.

Sin embargo, la mayor parte de estos residuos está contaminado con agentes externos como lubricantes y pinturas, por lo que es importante mantener estos contaminados fuera de contacto con el ambiente. Como será detallado más adelante, los lubricantes y pinturas tienen propiedades nocivas al ambiente que pueden afectar los ciclos biológicos que en este se desarrollan, incluyendo suelos y cuerpos de agua principalmente.

Los residuos metálicos utilizados en el taller no tienen mayores impactos sobre el ambiente, debido a que no tienen presencia de elementos pesados o radioactivos, sin embargo, es importante mantener estos materiales separados del suelo y protegidos de los elementos a modo que los contaminantes que contengan no lleguen a afectar el ambiente.

3.2.6. Aceites usados

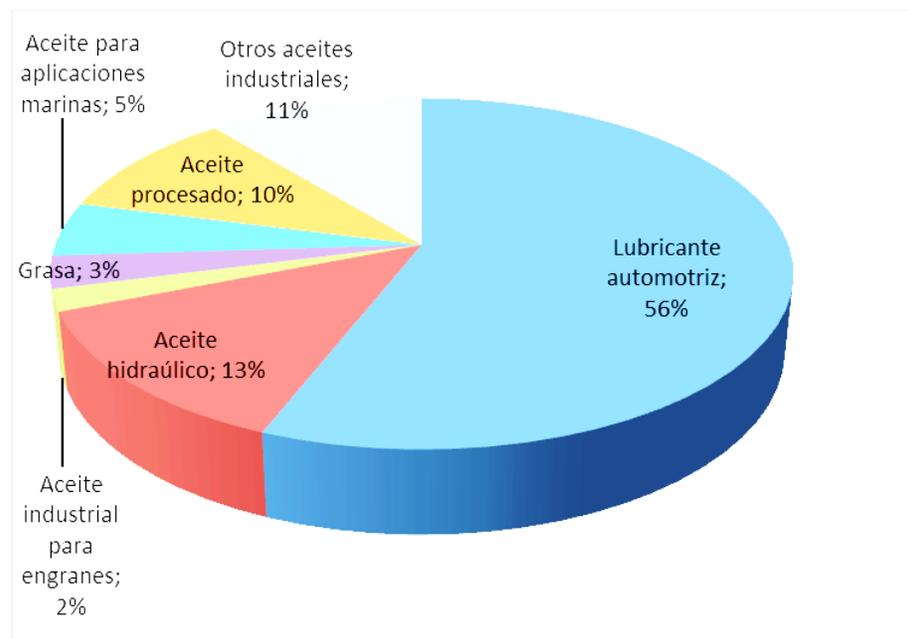
Los aceites usados en general pueden ser de base mineral o sintética. En el caso de los que tienen base mineral son extraídos del petróleo y refinados a modo de formar los aceites. Los que tienen base sintética tienen composición similar y su función es mejorar la lubricación en el sistema. En ambos casos, los lubricantes son enriquecidos con distintos aditivos para mejorar características específicas en su comportamiento, como la detergencia, oxidación, protección contra la corrosión, punto de inflamación, entre otros. Dicho de otra forma, los lubricantes están compuestos del material base y los aditivos, los cuales tienen un tiempo de uso definido después del cual debe ser reemplazado, debido a la degradación del mismo.

En esta categoría se incluyen todo tipo de lubricantes de motor, aceites hidráulicos, líquido de frenos y pinturas de base olea, ya que estos están compuestos de sustancias similares y su disposición final puede llegar a ser la misma.

Según la aplicación que tenga el lubricante este puede ser contaminado, degradado o ambos, por lo que debe ser descartado y reemplazado. En el caso del aceite que se descarta, además de los aditivos que inicialmente lo componían, también cuenta con presencia de elementos de desgaste y aditivos degradados. En algunos casos, estos incluyen también metales pesados, lo cual clasifica estas sustancias como residuos peligrosos.

Según la I.E.T.C. (2013) los aceites se utilizan en siete principales aplicaciones, las cuales se clasifican como: automotrices, hidráulico, para engranes, grasas, aplicación marina, procesado e industrial. En el año 2010, el consumo total de aceites se estimó en 42 millones de toneladas, de las cuales el 56 % representa aceites automotrices.

Figura 13. **Proporción de uso de lubricantes a nivel mundial**



Fuente: Policy Brief on Waste Oil. UNEP. 2013.

En el taller Agrícola y Automotriz se utiliza aceite automotriz, hidráulico, para engranes y grasas. Según la gráfica de uso de lubricanes de UNEP (2013), estos tipos de aceite representan 74 % de la aplicación de aceites a nivel mundial. Esto brinda un parámetro de la importancia que debe darse a este tipo de residuos, en nuestro caso a nivel de taller, ya que el tamaño de la flota que se maneja genera grandes cantidades de residuos de este tipo.

Los aceites de desecho, por su naturaleza y composición requieren manipulación especial. Las sustancias y contaminantes presentes en estos son capaces de dañar las propiedades de los suelos y en algunos casos como los metales pesados, son capaces de permanecer en el tiempo y transferirse a seres vivos. Siguiendo la cadena alimenticia, estos pueden aumentar de nivel hasta llegar a afectar humanos.

La diferencia más importante entre aceite de motor nuevo y usado es la presencia de metales pesados. Esta diferencia es extremadamente importante, porque muchos de esos metales son perjudiciales para la salud humana y organismos vivos. Estos metales se originan en el combustible y por desgaste en el motor. El aceite usado contiene altas concentraciones de plomo, zinc, calcio, bario y magnesio en conjunto con pequeñas concentraciones de hierro, sodio, cobre, aluminio, cromo, magnesio, potasio, nickel, silicio, boro, estaño y molibdeno. ATSDR (1997).

La presencia de estos elementos requieren que el aceite usado evite ser derramado en el suelo y tenga contacto con la piel a modo de evitar lesiones o entrar en contacto con elementos perjudiciales. Según ATSDR (1997) algunos aceites entran en contacto con el aire por medio de los gases de escape durante la operación de un motor de combustión interna. En algunos casos, también puede entrar en contacto con el agua cuando este es desechado de forma inadecuada. También puede entrar en contacto con el ambiente a causa de fugas.

El ambiente al entrar en contacto con estas sustancias tiene distintas reacciones negativas. En el caso del agua, esta se vuelve tóxica e inutilizable para la mayoría de procesos naturales y productivos. La descontaminación por aceites es complicada y costosa, lo cual hace a este recurso descartable cuando está

contaminado con aceites. Asimismo, los contaminantes presentes en el agua pueden moverse, a través del suelo y llegar a contaminar mantos freáticos y así distribuirse, a través de este y llegar a afectar la salud humana, todo esto en largo plazo.

En el caso del suelo este se degrada y es afectado el entorno biológico de las bacterias presentes, lo cual limita el crecimiento de organismos vivos. La recuperación de este dependerá de los aditivos presentes en el aceite que contamina la superficie, por lo que el daño como tal es variable; sin embargo, en todos los casos es sumamente considerable, ya que el tiempo de recuperación parcial del suelo es de años.

3.2.7. Acumuladores

Los acumuladores de carga o baterías pueden ser de distintos tipos, según su función. Como se ha mencionado anteriormente, los componentes de los acumuladores dependen de la aplicación y si son o no recargables. En el caso de los utilizados en vehículos y maquinaria agrícola están compuestos principalmente de plomo y ácido, ya que estas son recargables y de larga duración.

Estos componentes pueden llegar a tener efectos sobre el ambiente y los seres vivos que habitan en él, debido a contacto directo e indirecto. Esto es debido a las características de permanencia de estas sustancias sobre el entorno, así como su capacidad de ser transferido de un ser hacia otro. Según Clean Up Australia (2009) las baterías son identificadas como un material problemático para el flujo de residuos. Las baterías están hechas de una gran variedad de químicos para impulsar las reacciones. Algunos de estos químicos como el níquel y el cadmio son extremadamente tóxicos y pueden causar daños

a los humanos y el ambiente. En particular, pueden causar contaminación de suelos, agua y poner en peligro, la vida salvaje. Por ejemplo, el cadmio puede causar daños a los microorganismos del suelo y afectar la descomposición de la materia orgánica. Este también puede bioacumularse en peces, lo que reduce la cantidad de especies aptas para el consumo humano.

En el caso del plomo es una sustancia sumamente dañina para la salud humana. Según Gerhardsson (1986) en Dillon (1994), se ha encontrado que el plomo puede causar una variedad de desórdenes en la salud humana y animal, pueden llegar a afectar fetos formando tumores en distintas áreas.

La contaminación por plomo puede tener efectos desastrosos en el ambiente y los animales que lo habitan. Existen poblaciones marinas en California que tienen una tasa de crecimiento poblacional significativamente menos que otras poblaciones observadas en las Islas Aleutianas, lo que se cree es debido al exceso de contaminación industrial con plomo (Dillon, 1994).

3.2.8. Llantas

Las llantas o neumáticos son los elementos que permiten el contacto y tracción entre los vehículos y el suelo. Estos están compuestos principalmente de caucho, acero, nylon, rayon y aditivos. Todos estos están unidos mediante procesos físicos y químicos que permiten la interacción de componentes a modo de formar un elemento con características mejoradoras de tracción, anti desgaste y resistentes a impactos.

Como cualquier elemento material estas tienen una vida útil definida, después de la cual existen dos posibilidades: descarte y vitalización. El caso de la vitalización o reencauche es aplicable únicamente a casos donde sea rentable

recuperar y reusar el casco de la llanta. Para esto, el tipo de llanta debe ser de aplicación comercial en eje libre, industrial o agrícola. En el caso de llanta para vehículo liviano no se practica el vitalizado.

En el caso de las llantas que deben ser descartadas, generan un tipo de residuo muy particular, ya que la composición química y los procesos de producción hacen que estos materiales sean de degradación lenta. Según Pennington (1997) los antioxidantes son agregados al hule para prologar la vida de este sin degradación. Estos materiales protegen la llanta del oxígeno y el ozono. Estos son derivados de p-fenilendiamina. Estos componentes detienen la destrucción de la cadena de hule combinando los radicales libres formados como intermediarios durante la degradación del hule de la llanta.

Según lo indicado por Pennington (1997) varias de las materias primas utilizadas en la manufactura de llantas tienen propiedades documentadas como adversas a la salud y el ambiente. El caucho natural posee cierto grado de peligrosidad en combinación con el fuego y cuando este es calentado hasta descomponerse emite gases tóxicos de SOx. Los materiales base usados en la producción de polímeros de hule, como el butadieno y estireno, se presume tienen propiedades cancerígenas, y en el caso de varios aditivos de polímeros pueden causar efectos tóxicos.

Existen monómeros y polímeros con efectos negativos y hasta tóxicos sobre la salud. Tal es el caso del isopreno, el cual es medianamente tóxico si es inhalado. Este reacciona con el aire y el ozono formando peligrosos peróxidos. Otro caso es el butadieno, el cual es un cancerígeno confirmado en animales y probablemente en humanos. La inhalación de altas concentraciones de esta sustancia puede llegar a causar inconsciencia y hasta la muerte. Los monómeros anteriormente mencionados son tóxicos y altamente peligrosos cuando son

inhalados, sin embargo, en ambos casos son sustancias inflamables que son descompuestas a altas temperaturas, liberando gases indeseables.

Por otro lado, las llantas también pueden llegar a contaminar otros elementos como el agua. Esto sucede a través de distintos procesos, iniciando por el reciclaje de las mismas. Uno de los tratamientos populares para la reutilización o aprovechamiento de llantas de desecho es mediante la quema de estas en hornos para la producción de cemento. Las llantas pueden llegar a ser un combustible alternativo muy eficiente, debido a su capacidad calorífica. Sin embargo, dado que estas están compuestas por caucho natural, aditivos, polímeros y acero, al momento de incinerar estos materiales da lugar a una descomposición, tanto física como química. Al separarse los componentes que integran los neumáticos se liberan principalmente en forma de calor, gases y residuos sólidos. En el caso de los gases componen la mayor parte de los contaminantes dañinos al ambiente, ya que estos son portadores de aditivos y residuos metálicos.

Como se menciona en párrafos anteriores, los aditivos, monómeros y polímeros pueden llegar a ser tóxicos en su forma gaseosa. Así mismo existen restos metálicos que pueden ser arrastrados por los gases, como en el caso del zinc y el cadmio. Estos quedan suspendidos en el aire en conjunto con los aditivos, los cuales son arrastrados por la precipitación del agua en la atmósfera, ocasionando la contaminación de cuerpos de agua. Esto ha ocurrido en distintas partes del mundo, como en 1988 en Alemania. En esta ocasión, se encontraron trazas de zinc y cadmio en el río Rhine, producto de la industria de cemento ubicada en la región.

Una vez liberados al ambiente, estos iones metálicos asociados a los componentes de las llantas son relativamente ligeros y pueden migrar a la

superficie del suelo y a cuerpos de agua. En la mayoría de casos, las concentraciones de metales ocasionadas por llantas de desecho son mínimas. Sin embargo, los metales y óxidos metálicos recuperados en la oxidación térmica de las llantas tienen un mayor potencial para dañar el ambiente, por lo que deben ser recuperados y estabilizados.

Tabla V. **Trazas de metales hallados en pilas de desecho de llantas**

Elemento	Concentración (mg/Kg)
Aluminio	300 - 700
Antimonio	0.015
Cromo	100
Cobalto	100 - 300
Molibdeno	1 - 500
Selenio	150
Zinc	15000

Fuente: Effects of waste tires, waste tire facilities, and waste tire projects on the environment. California Integrated Waste Management Board. 1997.

La tabla V muestra las principales trazas de metales halladas en el suelo luego del almacenamiento prolongado de llantas de desecho. Con el tiempo, la tierra se mezcla con las llantas, llegando hasta una proporción 1:1, lo cual ayuda a la descomposición de la llanta y sus componentes, generando contaminación en el suelo cercano al depósito. Así mismo, estos contaminantes pueden llegar a afectar cuerpos de agua cercanos a los residuos o en su defecto agua corriente que pase por el lugar.

Según estudios realizados en cuerpos de agua cercanos a una pila de desecho de llantas, con resultados publicados por el Departamento de Comercio de Estados Unidos en 1992, las concentraciones de trazas contaminantes no exceden los límites permisibles para definir a las llantas como residuos

peligrosos, sin embargo, los niveles de manganeso presentó concentraciones anormalmente altas. En la tabla VI, se muestran los cambios que sufrieron dos muestras de agua tomadas en el mismo lugar con un año de separación. El experimento realizado por esta institución busca diferencias entre el agua y sus contaminantes antes y después de la presencia del vertedero de llantas.

Tabla VI. **Contaminantes causados por llantas de desecho**

Variable	Valor en 1990	Valor en 1991
pH	7.7	7.7
Alcalinidad (mg/m ³)	533000	705000
Bario (µg/m ³)	210000	350000
Calcio (mg/m ³)	170000	340000
Conductividad (µohm/µm)	-	5150
Magnesio (mg/m ³)	150000	390000
Manganeso (µg/m ³)	270000	3200000
Sodio (µg/m ³)	230000	200000
Sulfatos (mg/m ³)	140000	450000
Solidos totales (mg/m ³)	2000000	4630000
Zinc (µg/m ³)	46000	540000
Dureza (mg/m ³)	1100000	2500000

Fuente: Effects of waste tires, waste tire facilities, and waste tire projects on the environment. California Integrated Waste Management Board. 1997.

Estos estudios permiten visualizar como los componentes de la superficie de la llanta se separan en presencia de agua, ya sea por tiempos prolongados de exposición o por agua corriente. Estas sustancias son los principales contaminantes que afectan tanto el suelo como el agua, ya que este tipo de residuo puede alterar considerablemente las propiedades de la misma como puede apreciarse en la tabla VI.

3.2.9. Refrigerante de motor

El refrigerante de motor es un líquido compuesto de agua y aditivos que elevan el punto de ebullición del líquido, también disminuyen el punto de congelamiento del mismo. Esto con el objetivo de aumentar el rango de temperatura de operación de esta sustancia, ya sea a altas o bajas temperaturas. Así mismo está compuesto de aditivos anticorrosivos que buscan la protección de las partes internas del circuito de enfriamiento de un motor de combustión interna, tanto de piezas de acero como de aluminio.

Estos pueden estar fabricados a base de etilenglicol o propilenglicol, ya que ambas sustancias tienen la capacidad de absorción de agua para ser mezclados con otras sustancias y mejorar algunas características como el punto de ebullición del agua. En el caso del etilenglicol es utilizado en también para fabricación de tintas, lapiceros, y en general industria de impresión (ATSDR 1997). El propilenglicol también es utilizado para elaboración de compuestos de poliéster, químicos para deshielo, alimentos e industria farmacéutica. Este se caracteriza por estar clasificado como seguro para utilización en alimentos, a diferencia del etilenglicol, el cual no es apto para consumo humano.

El refrigerante de desecho ya sea base etilenglicol o propilenglicol es responsable de liberar estos componentes al aire, agua y suelo. El etilenglicol y propilenglicol pueden ingresar al ambiente, ya que son utilizados en sustancias para deshielo. Si este químico escapa al aire, le tomará entre 24 y 50 horas para precipitar al menos la mitad del volumen. Ambas sustancias pueden adherirse al suelo o al agua, pudiendo llegar al agua superficial en cuestión de días o semanas (ATSDR 1997).

Estas sustancias pueden llegar a contaminar suelos y cuerpos de agua, conservando sus propiedades tóxicas. Esto afecta los ciclos biológicos del ecosistema afectado inutilizando los recursos por tiempos prolongados.

3.3. Disposición final de los residuos más significativos, según peligrosidad o volumen

Según lo descrito en el apartado anterior, en el taller se generan residuos con diferentes efectos potenciales al entorno siendo algunos más perjudiciales que otros. La intención de este título es definir un procedimiento adecuado para la disposición final de los residuos más dañinos al entorno, ya sea por sus efectos nocivos o por los altos volúmenes de residuos que puedan ser generados. Esto hace necesario visualizar de forma resumida los efectos que pueden llegar a tener estos materiales considerando las variables mencionadas, esto puede apreciarse en la tabla VII.

Tabla VII. **Significancia de residuos, según efectos y volumen**

Residuo	Tóxico	Contamina suelos	Contamina agua	Contamina aire	Volumen significativo
Orgánico			X	X	
Vidrio		X		X	
Papel o cartón		X	X		
Metal		X	X		X
Aceite usado	X	X	X	X	X
Acumuladores	X	X	X	X	X
Refrigerante de motor	X	X	X		
Llantas de desecho		X	X	X	X

Fuente: elaboración propia (2016).

Como puede apreciarse en la tabla anterior, de los ocho tipos de residuos considerados, cinco de ellos cumplen con el 60 % o más de las características evaluadas. Por esta razón, la investigación se enfocará en estos residuos, ya que son los más significativos, según sus efectos al entorno o el volumen generado.

Se describirán los procesos adecuados para la disposición final iniciando por los menos dañinos hasta llegar a los más impactantes. Es importante mencionar que pueden existir procesos válidos que no sean mencionados en la investigación; sin embargo, esta se centra en especificar procedimientos válidos, alcanzables y aplicables a la realidad actual del país.

3.3.1. Metal

Estos residuos son generados, a partir de trabajos de metal-mecánica ejecutados en las distintas áreas de taller. Estos son en su mayoría aleaciones de hierro y en menores proporciones aluminio y bronce.

Según lo expuesto en la tabla VII, este tipo de residuos puede llegar a contaminar el suelo y el agua. Básicamente lo que sucede con estos materiales es que son degradados por el ambiente, separando sus componentes a modo que estos regresan a su estado natural. Por ejemplo, en el caso del acero este es degradado separando el hierro y el carbono, regresando a su estado natural, en el caso del hierro llega a ser óxido de hierro.

Estos residuos pueden llegar a alterar principalmente los niveles de hierro y manganeso en cuerpos de agua y suelo, sin embargo, no lo suficiente como para catalogarlos como residuos peligrosos. Esto es así cuando los residuos están libres de contaminantes externos como aceites y grasas.

Por el contrario, cuando estos materiales se ven afectados por la presencia de contaminantes externos esto puede incrementar las incidencias que estos tengan en el entorno. En el caso del taller Agrícola y Automotriz, la presencia de estos contaminantes es común en varios casos, por lo que deben tomarse medidas preventivas a modo que durante la manipulación y acopio de estos no se llegue a contaminar el entorno.

Considerando esto es necesario tener un área exclusiva para el acopio de residuos metálicos, también conocidos como chatarra. Esta debe estar ubicada fuera del alcance de fuentes de agua superficial a modo de evitar contaminar estos cuerpos. En el caso del suelo, dado que puede llegar a ser contaminado, este debe de estar aislado de los residuos. Para esto es necesario que el área de acopio cuente con una fundición de concreto impermeable suficientemente robusta para soportar las cargas causadas por los residuos. Esto debe ser diseñado por un experto en el tema que conozca los residuos sujetos a ser almacenados temporalmente previo a la disposición final de los mismos. Es importante tener conocimiento de la presión que puede llegar a ser ejercida sobre el suelo, ya que en algunos casos las piezas almacenadas serán de gran tamaño y peso. El objetivo de la losa de concreto es aislar los residuos del suelo, por lo que debe estar libre de grietas.

Una vez el área de acopio cumpla con lo especificado anteriormente, los residuos pueden ser transportados y clasificados, según su composición química: metales ferrosos y no ferrosos. Esto debe ser así debido a que los procesos llevados a cabo en su disposición final son completamente distintos ya que están orientados al reciclaje del material.

Dado que lo que se busca es el reciclaje de estos materiales, luego de estar clasificados debe verificarse que estén libres de materiales ajenos a los descritos,

ya que pueden ser indeseables o contaminantes al proceso. Una vez se cumpla lo establecido, estos residuos son transportados a una planta dedicada al reciclaje de metales. En este proceso, básicamente los residuos son fundidos a modo de renovar el material, durante esta etapa son agregados reactivos que permiten eliminar contaminantes remaneses generando escoria. Dependiendo del tipo de horno utilizado para el proceso de fundición, así será la pureza del metal resultante, logrando reciclar los residuos y obteniendo nuevamente productos metálicos.

3.3.2. Refrigerante de motor

Este residuo tiene propiedades particulares debido a su toxicidad y facilidad de contaminar cuerpos de agua y el suelo. Como se menciona en apartados anteriores, el refrigerante de motor debe ser sustituido cada cierto tiempo, surgiendo la necesidad de disponer adecuadamente del refrigerante que debe ser descartado.

En el caso particular esta sustancia se tiene un caso especial, debido a que está presente en todo el circuito de enfriamiento de los motores de combustión interna, existe un riesgo alto de derrame en caso el circuito cerrado llegue a tener una fuga. Esto es un caso común en la maquinaria agrícola y transporte pesado, ya que los caminos transitados son de terracería y en algunos casos no se tienen caminos definidos, por lo que la maquinaria debe ingresar a terrenos inestables que generan vibraciones altas, pudiendo llegar hasta daños al equipo que pueden ocasionar fugas de refrigerante. Esto también aplica en el momento de colisiones frontales, ya que la mayor parte de veces se ve afectado el radiador. Estas situaciones presentan un inconveniente desde el punto de vista que parte del refrigerante utilizado en la flota de maquinaria probablemente será derramado en las diferentes rutas, debido a los inconvenientes mencionados.

En caso contrario, el refrigerante al llegar al fin de su vida útil debe ser reemplazado, por lo que es necesario almacenar la sustancia a descartar para que pueda ser reciclada por un especialista. En el taller se utiliza refrigerante a base de etilenglicol, el cual no es apto para consumo humano, debido a sus propiedades tóxicas. Esto hace necesario que los residuos de este producto deban ser almacenados en recipientes herméticos a modo que no se filtre hacia el suelo y agua, ya que puede ser absorbido con facilidad.

Según la ATSDR (1997) ingerir cierta cantidad de esta sustancia puede causar la muerte. Considerando las propiedades de permanencia del residuo en suelos y cuerpos de agua es importante contar con protección contra derrames en los puntos de acopio a modo de prevenir contaminación al ambiente.

3.3.3. Llantas de desecho

Como puede apreciarse en la tabla VII, las llantas de desecho clasifican en tres de las cinco categorías. Cabe resaltar que aplica en la categoría de “Volumen significativo” por lo que este residuo es generado en grandes cantidades. En temporada de zafra pueden llegar a perderse hasta 35 llantas al día en diferentes medidas, lo cual puede llegar a representar más de 6.000 llantas por temporada.

Como se ha estudiado anteriormente, las llantas pueden llegar a desprender parte de sus componentes, tanto como el pasar del tiempo como por presencia de agua. Esto requiere que el sitio de almacenamiento temporal de estos residuos cumpla básicamente con dos aspectos: alta rotación y aislamiento del agua.

En el caso de la alta rotación hace referencia a que las llantas deben ser enviadas para su disposición final de forma frecuente a modo de no almacenarlas por tiempos prologados y evitar que estas se desintegren con el pasar del tiempo.

Es importante mencionar que para almacenar la cantidad de residuos generados se requieren grandes extensiones de terreno, por lo que es conveniente realizar envíos de residuos al menos de forma semanal.

En el caso del aislamiento del agua hace referencia a que durante el proceso de acopio de residuos estos no se vean afectados por la presencia de agua corriente. Esto básicamente es importante para evitar que el agua separe elementos contaminantes de la superficie de la llanta, así como prevenir que el agua sea almacenada en la parte interna de los neumáticos. Esto previene la proliferación de vectores para crecimiento de insectos, los cuales necesitan espacios húmedos con agua estancada para su crecimiento.

Una vez acopiados los residuos deben ser transportados a su disposición final. En el caso de las llantas se tienen dos procedimientos aceptables para reducir los efectos sobre el ambiente: Reutilización del caucho e incineración de las llantas. Ambos procesos previenen la contaminación de suelos y agua.

Para el caso de la reutilización del caucho, este debe ser separado de los demás componentes de la llanta, como son los cables de acero y capas de nylon o lona. Esto busca poder reciclar el caucho para la fabricación directa de productos distintos. Este proceso es bastante amigable con el ambiente, ya que la llanta es separada mediante procesos físicos, para luego someter la materia prima a altas presiones y temperaturas obteniendo como resultado productos compuestos de los mismos elementos que pueden ser utilizados en interiores y exteriores.

Figura 14. **Materia prima obtenida de llantas de desecho**



Fuente: Recivan, S. A. (2016).

Como puede apreciarse en la figura 14, la materia prima obtenida luego de procesos físicos es caucho molido. Este puede ser sometido a distintos procesos a modo de alterar su forma y consistencia para formar productos diferentes.

3.3.4. Aceite usado

El aceite usado es uno de los residuos de mayor importancia, ya que cumple con cuatro de las cinco categorías evaluadas en este apartado. Este residuo requiere de atención especial, ya que es tóxico y se genera en gran cantidad, lo que amplía su rango potencial de daño al entorno y las personas involucradas en la manipulación y tratamiento de este material. Debido a las propiedades potencialmente dañinas de este residuo requiere de condiciones especiales para su disposición final a modo de mantenerlo fuera de contacto con el entorno. Los aceites usados tienen dos alternativas principales para su disposición final, siendo el reciclaje o incineración.

En el caso del reciclaje puede llegar a dar una segunda vida al lubricante en aplicaciones que no requieran un alto grado de pureza, para que un aceite pueda ser reciclado es necesario que no esté contaminado con agua, ya que puede llegar a emulsionarse inutilizando el aceite para labores de lubricación. En caso el aceite sea materia de reciclaje, este es sometido a procesos de limpieza a modo de extraer la mayor parte de contaminantes sólidos.

Según la Agencia para el control de contaminación de Minnesota (2015), los aceites pueden ser reusados como lubricante, fluido hidráulico, fluido para transferencia de calor y combustible en motores diésel siempre que sea dosificado adecuadamente.

Los aceites hidráulicos son susceptibles a reciclaje, ya que estos son utilizados en circuitos cerrados por lo que son más fáciles de descontaminar. Debido a que las propiedades de estos son degradadas con el uso puede las aplicaciones de estos aceites reciclados sean limitadas.

En el caso de la incineración puede ser aplicada a todos los aceites, estén o no contaminados. En este proceso, los residuos son utilizados como combustible principalmente en calderas involucradas en el proceso de generación de energía eléctrica. En el caso de Guatemala es una alternativa bastante viable, siempre que las plantas generadoras cuenten con filtros de sólidos, para evitar la contaminación del aire a través de residuos sólidos de la combustión.

Como parte de los residuos que involucran los aceites usados están también los filtros de aceite usados pueden ser enviados a reciclaje junto con la chatarra metálica, siempre que estos no goteen aceite a modo de no contaminar el ambiente. Este tema se amplía en la sección de Anexos, por medio del Boletín

de Servicio Técnico 94-7R11 del Consejo de Fabricantes de Filtros de Estados Unidos.

3.3.5. Acumuladores

Como se ha mencionado anteriormente, los acumuladores son residuos peligrosos, debido a sus componentes. Principalmente, por la presencia de plomo y ácido, lo cual requiere de un manejo y tratamiento especial a modo de no afectar el entorno y las personas involucradas en el proceso.

Tomado esto en consideración, el taller actualmente almacena los acumuladores en un área asilada del suelo y los elementos, con el fin que los contaminantes no lleguen a afectar el entorno. Dentro del área de almacenaje únicamente ingresa el personal perteneciente al departamento eléctrico, ya que debido a la peligrosidad de estos residuos solo puede ser manipulada por personal capacitado para esta labor.

En algunos casos, los acumuladores pueden tener daños de estructura, por lo que las partes internas quedan expuestas al ambiente. Algunos de estos componentes son corrosivos y tóxicos como en el caso del ácido, por lo que el contacto con la piel o con el ambiente puede tener consecuencias severas. En el caso del contacto directo con humanos puede causar lesiones superficiales y hasta ceguera. Es importante considerar que dependiendo del estado del acumulador puede llegar a generar vapores dañinos para la salud, por lo que es necesario almacenar estos residuos en un área con suficiente circulación de aire. De igual forma, estos contaminantes son potencialmente dañinos al ambiente, en su mayoría tienen la capacidad de afectar o impedir los ciclos biológicos en el área contaminada. Esto a su vez puede volver tóxico el suelo o el agua, según se haya contaminado.

Por estas razones, el taller envía los acumuladores dañados a reciclaje, a través de un fabricante de acumuladores a modo que los residuos reciban un tratamiento adecuado minimizando la posibilidad de daño humano o ambiental. En el proceso de reciclaje, los componentes son separados para luego ser renovados y reutilizados en nuevas baterías. Este proceso es ajeno a los procesos del taller, por lo que no se tiene injerencia sobre el mismo.

3.4. Áreas afectadas

Todos los residuos abordados en esta investigación implican algún tipo de efecto potencial sobre el entorno; sin embargo, algunos son fácilmente procesados y absorbidos de forma natural, como en el caso de los residuos orgánicos.

Sin embargo, en la tabla VII en la página 48 puede apreciarse que la gran mayoría de residuos tienen cierto potencial para dañar los suelos y el agua principalmente. Esto permite cuantificar qué porcentaje de los residuos estudiados en la investigación pueden causar algún efecto negativo sobre estos elementos. En ambos casos, el 87.5 % de los residuos tienen impacto sobre el suelo y el agua. Esto hace que sean las áreas más afectadas, ya que son susceptibles a ser dañados de forma directa o indirecta por la presencia de estos residuos.

Esto hace necesaria la implementación de medidas preventivas, para evitar que los contaminantes lleguen al ambiente. Esto puede lograrse principalmente con la utilización de infraestructura adecuada para almacenamiento y trasiego de residuos, por lo que se debe contar con áreas específicamente para este uso que estén debidamente aisladas del contacto con el suelo y los elementos.

3.5. Manejo de residuos inflamables y sus implicaciones en el ambiente

Los residuos inflamables son todos aquellos que: son líquidos y tienen un punto de inflamación inferior a los 60 grados Celsius, con excepción de las soluciones acuosas con menos del 24 por ciento de alcohol en volumen; son oxidantes que pueden liberar oxígeno y, como resultado, estimular la combustión y aumentar la intensidad del fuego en otro material; no son líquidos y son capaces de, bajo condiciones de temperatura y presión de 25 grados Celsius y 1 atmósfera, producir fuego por fricción, absorción de humedad o alteraciones químicas espontáneas y, cuando se inflama, quemar vigorosa y persistentemente, dificultando la extinción del fuego. (EPA 1980 en Benavides 1997).

En el caso del taller Agrícola y Automotriz se tienen residuos inflamables de diferente tipo. Según la tabla II, en la página 19 se tienen cuatro tipos de residuos inflamables siendo: aceite usado, combustible contaminado, solventes y llantas de desecho.

El caso del combustible contaminado distinto a los demás, ya que este residuo puede ser tratado en el taller por medio de filtración. Durante este proceso son separadas las trazas de sólidos y agua que puedan estar presentes en el combustible. La mayor parte de estos residuos corresponde a diésel contaminado, el cual puede recibir el tratamiento mencionado para luego ser utilizado en maquinaria. Este tratamiento reduce las posibles incidencias que este tipo de residuo puede llegar a tener en el ambiente, ya que puede ser utilizado como cualquier combustible limpio.

En el caso de los solventes, estos representan una mínima cantidad de los residuos generados. Estos son utilizados para la limpieza de elementos

mecánicos, por lo regular son productos enlatados para ser utilizados como spray o en toneles para despacho a granel. Estos como tal no forman un residuo, ya que la totalidad del producto es utilizado, sin embargo, los recipientes utilizados para almacenar el producto cuentan con trazas de estas sustancias, tornando estos recipientes peligrosos por contar con la presencia de residuos inflamables. Dada la inflamabilidad de las sustancias, estos no deben ser sellados por completo mientras aún tengan residuos inflamables, ya que esto crearía un riesgo de explosión. Este trabajo no profundiza en este tipo de residuos, ya que normalmente estos recipientes contaminados son sometidos a lavado para su posterior envío a la chatarra ferrosa.

En el caso de los aceites usados estos serán acopiados en tanques diseñados para esta labor para luego trasegar el líquido a camiones cisterna, ya que este residuo debe ser tratado por un especialista. Por la naturaleza de estas sustancias, las áreas de manipulación cuentan con sistemas de prevención de derrames e incendios a modo de tener una reacción preventiva en caso de accidentes.

El manejo de los residuos inflamables en todos los casos implica sistemas de protección contra incendios y derrames, a excepción de las llantas de desecho. Asimismo, la manipulación de estos materiales debe ser realizada por personal capacitado con el equipo de protección que amerite la actividad.

3.6. Manejo y almacenamiento temporal de llantas de desecho

Como se ha descrito anteriormente, las llantas de desecho son capaces de desintegrarse lentamente en presencia de agua, liberando elementos contaminantes que pueden afectar el suelo y cuerpos de agua cercanos a lugar

de almacenamiento de las llantas usadas. Esta contaminación potencial hace necesario que el manejo y almacenamiento temporal de estos materiales residuales respete algunos lineamientos para evitar dañar el entorno.

Dado que las llantas usadas son residuos sólidos, su manejo es relativamente menos peligroso en cuanto a que no existe riesgo de derrame o intoxicación por gases emanados. A pesar de eso es importante tomar en cuenta que el caucho de las llantas es combustible y una vez iniciado el fuego puede llegar a ser muy complicado detenerlo. Por esta razón, es preferible mantener estos residuos alejados de fuentes de calor que puedan llegar a iniciar fuego.

Tomando estas consideraciones, el manejo de los residuos para ser llevados hasta el sitio de acopio no tiene especificaciones adicionales. Sin embargo, el lugar físico para almacenamiento de las llantas de desecho debe estar protegido principalmente del agua y aislado del suelo. Para esto, el lugar debe contar con piso de concreto que separe el suelo de los residuos, al igual que el utilizado para acopio de residuos metálicos. Adicionalmente, este debe contar con un techo que proteja las llantas principalmente de la lluvia. Esto busca evitar que se almacene agua en la parte interna de las llantas, para que el material de la superficie no sea degradado, como para evitar la formación de vectores en los que puedan formarse plagas. Adicionalmente es importante contar con un sistema de control de incendios, esto es sumamente importante para el control de fuego en caso de existir, ya que como se ha mencionado, las llantas en general constituyen un combustible difícil de apagar.

4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este apartado busca analizar los resultados abarcados en el capítulo anterior a modo de encontrar o definir medidas de mitigación que permitan tener bajo control los efectos potencialmente negativos de los residuos generados en el taller, a continuación se describen para los distintos procesos y tipos de material.

4.1. Medidas de mitigación

Dado que la generación de residuos en general siempre tiene alguna implicación sobre el ambiente, es necesario tener medidas para contrarrestar los efectos negativos que estos han provocado. Estas medidas son distintas para cada tipo de residuo, sin embargo, todas son igualmente importantes si lo que se desea es minimizar o erradicar el impacto que estos generan.

Con el crecimiento de la industria y la población a nivel mundial, el manejo de residuos y las medidas de mitigación se han tornado en temas de gran relevancia, ya que el planeta ha experimentado niveles de resentimiento y daño preocupantes. Por ejemplo, los derrames de petróleo ocurridos en los últimos 100 años han sido responsables de destrucción y muerte en distintas partes del mundo. En algunos casos han sido tomadas medidas de mitigación, unas más efectivas que otras sin embargo todas útiles para controlar el desastre y minimizar los impactos que podría llegar a tener si no se tomaran acciones.

En el caso del taller Agrícola y Automotriz muchos de los residuos no son tratados directamente dentro las instalaciones de la empresa, por lo que las

medidas de mitigación se enfocan principalmente en los daños que los residuos pueden ocasionar durante las etapas de almacenamiento temporal y transporte, especialmente al suelo, agua y aire. Los daños ocasionados son verificados según tipo de residuo, ya que dada la amplia extensión que abarcan las labores de la organización, es más práctico conocer los impactos potenciales de cada sustancia para definir medidas de mitigación adecuadas.

4.2. Almacenamiento temporal de residuos

El almacenamiento temporal de los residuos varía, según cada uno de estos, sin embargo, todos tienen algunas características en común, que lo que buscan es asilar el residuo y sus contaminantes del ambiente. Esto de alguna forma evita impactos directos al ambiente. Esto no siempre logra cumplirse, por lo que en el proceso de almacenamiento temporal o acopio se ocasionan efectos adversos al entorno.

Este apartado tiene como intención definir medidas de mitigación, según cada tipo de residuo, aplicado a cada uno de los procesos de acopio. Esto formará una guía práctica para prevenir daños mayores al ambiente, que sea funcional en las distintas áreas del taller Agrícola y Automotriz.

4.2.1. Orgánico

Los residuos orgánicos son acopiados en baterías para desechos mencionadas en capítulos anteriores. En el caso de estos materiales son almacenados en recipientes plásticos de 208 litros (0.208 m³) de capacidad, a estos se le instalan bolsas desechables para el fácil manejo de los residuos.

Los recipientes utilizados para el almacenamiento de residuos orgánicos no cuentan con tapa, por lo que están expuestos al ambiente. En este caso, el hecho de estar en contacto con el ambiente genera vulnerabilidad al ingreso de animales, como moscas y roedores. Esto presenta un riesgo, ya que propicia la proliferación de plagas y en el caso de los roedores pueden llegar a transmitir enfermedades, debido a la naturaleza de estos animales. Por otro lado, este tipo de residuos tiene un proceso de descomposición relativamente rápido, por lo que se emanan olores desagradables y gases como el metano.

Para evitar estas situaciones es necesario implementar tapas a los recipientes para acopio de residuos orgánicos, a modo de establecer una barrera física que impida el ingreso y egreso de cualquier agente indeseable. Adicionalmente, se debe asegurar que el proceso de acopio no sea mayor al tiempo de crecimiento de las larvas de mosca, ya que esto generaría un vector para el crecimiento de esta plaga. Según Hernández (2015), el tiempo desde la generación hasta la recolección no debe exceder el ciclo de reproducción de la mosca, que dependiendo del clima puede llegar a ser de 7 a 10 días.

Por estas razones es de suma importancia aislar estos residuos del ambiente y los seres que habitan en él, debido a la facilidad en la descomposición de estos residuos y el volumen con que son generados estos pueden llegar a ser un foco para generación de plagas y transmisión de enfermedades, a pesar de su origen natural.

4.2.2. Vidrio

Este tipo de residuos deben ser acopiados en recipientes aislados del ambiente, ya que estos pueden contener restos de alimentos o sustancias nocivas, por lo que pueden ser focos para concentración de plagas o generación

de malos olores. Además, pueden llegar a quebrarse tornándose en objetos punzocortantes, lo cual representa un riesgo para la manipulación de los mismos. Por estas razones, estos residuos son acopiados en recipientes plásticos de 208 litros (0.208 m³), al igual que los de naturaleza orgánica. De este modo, los recipientes pueden ser manipulados de forma segura, sin comprometer la integridad física de las personas que desechen o recolecten los materiales.

4.2.3. Papel o cartón

Como se ha mencionado anteriormente, este tipo de residuos sólidos se originan de empaquetaduras de distintos tipos representando un alto volumen de material. Estos están compuestos en gran parte de partículas orgánicas de fácil descomposición, por lo que pueden llegar a representar inconvenientes si estos son almacenados expuestos a los elementos

Según Hernández (2015) después de la clasificación en la fuente de desechos que así lo ameriten (cartón, papel, plástico y chatarra) serán colocados en un sitio alejado de la humedad con techo y suelo protegido e identificado.

En caso los residuos queden expuestos a los elementos y su proceso de degradación se acelere, es necesario que sean enviados a su disposición final a modo que la degradación no ocurra en el lugar de acopio o almacenamiento temporal, ya que puede llegar a emanar malos olores y liberar contaminantes que puedan tener los residuos.

4.2.4. Metal

Los residuos metálicos son generados en la mayor parte de departamentos del taller, por lo que en algunos casos los materiales están contaminados con

agentes externos como aceites, pintura y lodos. En el caso de los aceites y los lodos pueden llegar a ser contaminantes al ambiente, por lo que es necesario mantenerlos aislados del contacto con el mismo.

Como se ha mencionado anteriormente, los aceites son perjudiciales para el medio ambiente, por lo que es necesario que el área de almacenaje temporal de residuos metálicos esté aislada del suelo y el agua. Esto para prevenir posible contaminación por contacto directo. Para esto debe existir una losa de concreto que separe el suelo de los residuos, el área debe contar con techo, para evitar que las lluvias arrastren contaminantes al suelo y cuerpos de agua.

Así mismo, se sugiere que el almacén de chatarra tenga rotación media sobre el total de materiales a modo de prevenir la propagación de plagas como roedores y reptiles, ya que este tipo de fauna puede estar presente en los alrededores de las instalaciones. En el caso del taller, dado que el almacén está rodeado por campos con caña de azúcar, por lo que es importante tener control sobre las plagas que puedan desarrollarse. Por estas razones, la chatarra es enviada diariamente hacia el centro de acopio principal, en el cual se reúnen los residuos de este tipo generados por toda la organización a modo de ser enviada a reciclaje semanalmente.

4.2.5. Aceite usado

Estos residuos en su mayoría son hidrocarburos derivados del petróleo capaces de ocasionar daños severos al suelo y potencialmente tóxicos en el agua, por lo que es importante considerar las medidas tomadas para el acopio de estos a modo de no generar efectos negativos en el ambiente. Cabe resaltar que la mayor parte de aceites se encuentran en estado líquido, por lo que existe riesgo de derrame al momento de ser manipulados o almacenados.

Debido a la naturaleza de estos residuos, son acopiados en tanques subterráneos a modo de mantenerse fuera del alcance de la luz solar y la temperatura ambiente. Estos tanques son de concreto armado a modo de evitar cualquier tipo de fugas que pueda afectar, tanto el suelo como el manto freático. Aquí se almacenan aceites de motor e hidráulico en tanques distintos, debido a la variación en la composición de cada uno. En el caso de los aceites hidráulicos se incluyen todos aquellos utilizados en cilindros hidráulicos, transmisiones y sistemas de frenos.

Debido a que los tanques son subterráneos, el sistema cuenta con tanques metálicos a nivel del suelo, utilizados para el trasiego de aceite hacia el vehículo utilizado para transportar los residuos hacia su disposición final. El objetivo de estos tanques es reducir el riesgo de derrame, a través de un dique de contención, previo a la etapa de trasiego del aceite hacia el tanque para transporte. Adicionalmente se cuentan con un sistema de alarma para alertar al personal en caso de derrame. Esto permite tomar acciones rápidas para la prevención de un incidente que tenga efectos mayores sobre el ambiente, a través del contacto directo con el residuo.

Es importante mencionar que estos residuos son inflamables, por lo que requieren que su manipulación considere este aspecto a modo de contar con el equipo de seguridad necesario para la prevención de incendios. Así mismo es necesario que las personas involucradas en el proceso cuenten con equipo de protección personal que prevenga incidentes mayores en caso de contacto directo con el aceite, como protección ocular y en la piel.

4.2.6. Acumuladores

Estos residuos, según lo abordado en apartados anteriores pueden ser catalogados como peligrosos, debido a sus características y componentes. Esto hace necesario que el área destinada para su almacenamiento temporal deba proteger al ambiente y las personas involucradas en el proceso de ser afectadas por estos residuos.

Aún queda mucho por conocer acerca de los problemas específicos que los depósitos de baterías pueden causar sobre un ecosistema (Dillon 1994). Los efectos de metales como el plomo, cadmio, mercurio, níquel, zinc y litio son variados siendo predominantes daños neurológicos, problemas de nacimiento y cáncer (Dillon 1994).

Tomando estos aspectos en consideración el almacenamiento temporal de estos materiales debe realizarse en un área aislada con acceso únicamente a personal capacitado para su manipulación. Es importante mencionar que la integridad física de estos residuos puede variar, ya que en algunos casos los acumuladores están completamente sellados; sin embargo, algunos están sumamente dañados dejando expuestos los componentes internos, por ende, queda expuesto el plomo y el ácido. Esto puede ocasionar la liberación de vapores tóxicos y derrame de líquidos peligrosos.

Esto hace necesario que el almacenamiento temporal se realice en un área libre del contacto con los elementos. Debe contar con piso hermético para protección del suelo, techo para evitar contacto directo con la luz solar y el agua de lluvia y finalmente debe tomarse en cuenta que el almacén debe tener espacios para circulación de aire a modo que los vapores peligrosos no sean confinados y lleguen a afectar al personal.

4.2.7. Refrigerante de motor

El refrigerante de motor es un líquido compuesto de agua y aditivos principalmente mejoradores del punto de ebullición e inhibidores de corrosión. Según Fieldson (1995) mezclada con el agua puede estar presente una de las tres siguientes bases refrigerantes: Etilenglicol, que es la base más común. Propilenglicol, que es utilizada por su bajo nivel tóxico y contaminante. Y por último, el Metanol que es la tercera alternativa y la menos efectiva.

Según el reporte de Etilenglicol y Propilenglicol de la ATSDR (1997) cuando un químico es liberado en gran cantidad como en el caso de una planta industrial, o de un contenedor o recipiente, este entra al ambiente como una emisión química. En el caso de los humanos se ven expuestos al químico únicamente si entran en contacto con él. Pueden estar expuestos al químico por medio del ambiente si este es respirado o ingerido a través de sustancias que lo contengan.

En el caso del taller Agrícola y Automotriz el refrigerante de motor utilizado es a base de Etilenglicol. Esta sustancia tiene propiedades nocivas a la salud. Si una persona está expuesta a químicos peligrosos como el etilenglicol, varios factores determinarán los daños que tendrá sobre la salud. Estos factores incluyen la duración de la exposición, la vía por la cual se tuvo el contacto y otros químicos a los que haya sido expuesto (ATSDR 1997).

Estas propiedades requieren que el almacenamiento temporal se realice en recipientes o tanques herméticos que eviten el contacto de la sustancia con el ambiente y las personas involucradas en los distintos procesos. Dado que la temperatura de auto ignición del etilenglicol es de 700.15°K (MEGLOBAL 2008) no es necesario tener el tanque aislado del calor o incidencia directa de la luz solar. Sin embargo, debido a las propiedades tóxicas es conveniente contar con

protección para derrames a modo de evitar que este líquido tenga contacto directo con el ambiente.

4.2.8. Llantas de desecho

Debido a la composición de las llantas y la degradación que pueden llegar a sufrir si son expuestas a los elementos por tiempos prolongados es necesario resguardar estos residuos en áreas que no impliquen un potencial riesgo para el ambiente, las instalaciones y el personal de los alrededores.

Para el almacenamiento temporal de estos residuos es necesario contar con áreas definidas aisladas del suelo y la lluvia a modo que la degradación de materiales sea retrasada, evitando la liberación de contaminantes al ambiente. Así mismo es importante tomar en cuenta que el caucho de las llantas puede representar un combustible difícil de controlar, por lo que el área debe contar con protección contra incendios. Al momento de incinerar una llanta de forma no controlada pueden liberarse químicos y partículas sólidas al ambiente ocasionando contaminación en el aire, por lo que este factor debe ser evitado en las etapas previas a la disposición final.

Según la Guía 21 para manejo de llantas de desecho de la División de Manejo de Residuos de Dakota del Norte, el manejo inapropiado de llantas de desecho puede ocasionar fuego, insectos, roedores, serpientes y potenciales enfermedades.

Esto permite visualizar que las medidas que se tomen para definir el lugar de acopio de estos residuos deben velar, por evitar los riesgos mencionados anteriormente, a través de instalaciones apropiadas y controles. Básicamente

debe considerarse control de incendios y plagas, de este modo se evitarán riesgos laborales y propagación de plagas y enfermedades.

4.3. Transporte y disposición final de los residuos

La disposición final de los residuos es el último proceso al que un residuo es sometido. En algunos casos, estos pueden ser utilizados para rellenos sanitarios, pueden ser reciclados o simplemente almacenados definitivamente de forma aislada como en el caso de residuos bioinfecciosos o radioactivos.

En el caso de taller Agrícola y Automotriz todos los residuos pueden ser reutilizados o reciclados de diferentes formas. Abarcando desde la elaboración de compost hasta la renovación total del material. Para llegar hasta la disposición final, los residuos deben ser transportados desde el punto de acopio, por lo que es necesario trasegar los materiales hacia vehículos adecuados para esta labor. A continuación, se describen las distintas formas de transporte y disposición finales que tienen los residuos, según las clasificaciones abordadas con anterioridad a modo de establecer parámetros básicos que buscan proteger el ambiente y a las personas involucradas en la manipulación y tratamiento final de los residuos.

4.3.1. Orgánico

Los residuos orgánicos, como se mencionó anteriormente, son acopiados en recipientes plásticos para luego ser utilizados en la elaboración de compost. Los materiales almacenados en estos recipientes son transportados en carretas haladas. por medio de un tractor agrícola, estas tienen la capacidad de acarrear el contenido aproximado de 20 recipientes en cada viaje, por lo que el envío del área de taller, incluyendo equipo de arrastre y taller central, debe realizarse diariamente.

Estos residuos son transportados hacia las instalaciones de la compostera, donde personal especializado prepara los residuos para ser ingresados al área de producción. Básicamente se tienen delimitadas áreas, según la semana de ingreso de los residuos, ya que estos tienen un programa de degradación semanal.

Según Hernández (2015), el proceso de elaboración de compost tiene una duración de 6 meses, en los cuales el material debe ser volteado periódicamente a modo de lograr la degradación homogénea de la mezcla.

En el caso de la compostera, utiliza el proceso de pilas de volteo para la elaboración del fertilizante. Esto permite clasificar el terreno dependiendo del tiempo que los residuos tienen en el proceso, iniciando desde la semana 1 hasta la 24 para llegar a obtener el producto final. Dado que este proceso es ajeno a las labores del taller no se profundiza en el mismo.

4.3.2. Vidrio

Estos residuos son acopiados en recipientes plásticos para protección de las personas y el ambiente. Así mismo esto facilita su manipulación para ser transportado y llevado hasta su disposición final.

Debido a la naturaleza y aplicación de estos residuos, deben ser enviados a reciclaje. Esta labor debe realizarse por un especialista en la materia, por lo que estos son acopiados y transportados hacia un punto de almacenamiento temporal, en el cual los residuos son retirados por un tercero para ser transportados hasta el área de reciclaje. Este proceso es ajeno a las labores del taller Agrícola y Automotriz.

4.3.3. Papel o cartón

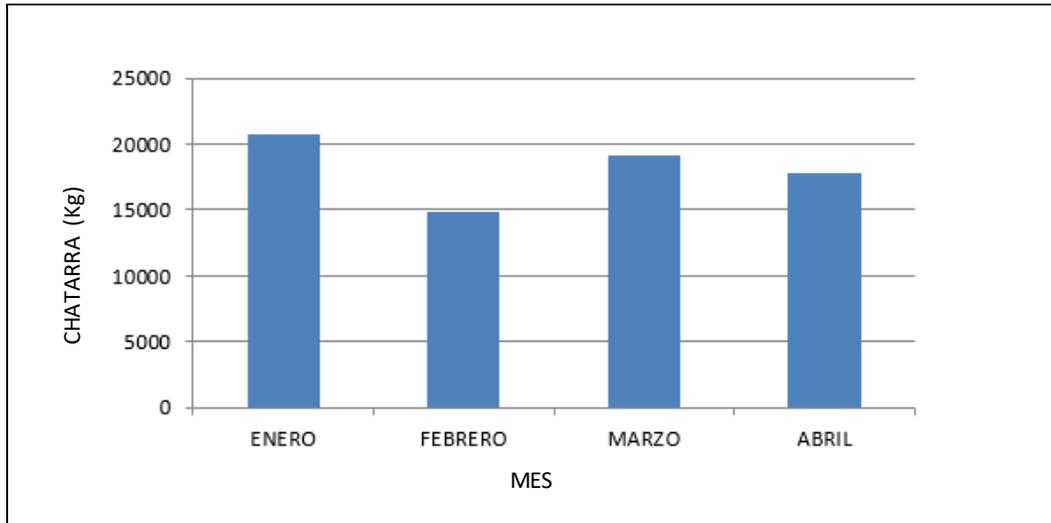
El reciclaje generalmente es considerado como una clave estratégica para aliviar las presiones de la sociedad en el ambiente. Existe una variedad de justificaciones ambientales para el reciclaje: los procesos de reciclaje reducen la demanda energética y los recursos finitos, resultando en menor contaminación de agua y emisiones al aire y así mitigar el problema de la disposición de residuos sólidos (Beukering 1996).

Tomando como referencia la importancia ambiental del reciclaje, los residuos generados por el taller Agrícola y Automotriz son transportados hacia un punto de almacenamiento temporal, en el cual estos son trasegados por un tercero hacia el vehículo que los transportará al punto de reciclaje. El volumen de generación de residuos es variable, ya que depende de la temporada, siendo mayor en zafra que en reparación. Por esta razón, la periodicidad de recolección de residuos hacia el punto de reciclaje es cambiante, ya que debe acumularse cantidad suficiente a modo que la entidad dedicada al reciclaje pueda aprovechar el transporte de la mejor manera. Al igual que otros procesos de disposición final, este es ajeno a las labores del taller y la organización, por lo que no se busca profundizar en el tema.

4.3.4. Metal

Los residuos metálicos tienen cierto valor económico, debido a que la mayor parte de estos pueden ser reciclados a nivel local. En el caso del taller Agrícola y Automotriz se generan alrededor de 18,000 kilogramos de chatarra metálica al mes. Esto puede apreciarse en la figura 15, la cual muestra el comportamiento de generación de residuos metálicos para los primeros cuatro meses del año 2016.

Figura 15. **Generación de chatarra en el taller Agrícola y Automotriz**



Fuente: elaboración propia (2016).

Considerando el volumen de generación de residuos que se generan, estos son transportados por terceros, desde el punto de acopio hacia el punto de reciclaje. Debido a su valor comercial, estos residuos tienen una alta rotación, ya que constantemente distintas empresas dedicadas a la recolección de chatarra compran estos residuos para venderlos a empresas dedicadas a la fundición de metales para la elaboración de nuevos productos.

Esta es una alternativa amigable con el ambiente, ya que contribuye al reciclaje de recursos y minimización de la utilización de minerales vírgenes para la elaboración de productos. Es importante mencionar que los procesos correspondientes al reciclaje son ajenos a la organización, por lo que las labores de la misma finalizan al disponer los residuos en el punto de almacenamiento temporal.

4.3.5. Aceite usado

En el caso del aceite usado, considerando que es un líquido peligroso y de gran abundancia, siendo aproximadamente 270,628 litros (271 m³) anuales los que se generan en el taller agrícola y automotriz, se han tomado medidas para su almacenamiento y trasiego para facilitar el transporte hacia su disposición final.

Dado que estos residuos no pueden ser procesados en el taller, estos son entregados a terceros dedicados al reciclaje o disposición de estos. Actualmente existen dos posibles caminos para estos materiales, siendo la reutilización del lubricante y la incineración de los mismos. En el caso de la reutilización, los lubricantes son sometidos a procesos de filtración a modo de extraer las partículas contaminantes y así poder reutilizar los aceites en aplicaciones que no requieran un alto grado de pureza. En el caso de la incineración, el lubricante contaminado es utilizado como combustible para la generación de energía eléctrica.

En ambos casos los residuos son extraídos de los tanques de acopio por parte del especialista en reciclaje, debido a las propiedades tóxicas e inflamables del material este debe ser manipulado utilizando equipo especial libre de fugas y con protección contra incendios. Para esto es utilizado un camión cisterna, el cual transporta los residuos hacia su disposición final. Como el tratamiento final este residuo no aplica a los procesos de taller, no se profundizará en el tema.

4.3.6. Acumuladores

Debido a la composición y peligrosidad de los acumuladores, estos no pueden ser tratados en las instalaciones del taller Agrícola y Automotriz, por lo que estos son entregados a un fabricante de acumuladores, el cual separa los componentes de estos para ser reciclados y utilizados en la fabricación de nuevas baterías.

Considerando que el manejo de estos materiales es peligroso, debido a la presencia de plomo y ácido, estos son manipulados por personal ajeno a la organización, para luego transportarlos hacia su disposición final que en este caso son las instalaciones donde estas son recicladas.

En este caso, tanto el transporte como la disposición final son realizados por un tercero, por lo que las labores del taller finalizan al cumplir con las condiciones adecuadas de acopio de los residuos.

4.3.7. Refrigerante de motor

En el caso del refrigerante de motor, estos residuos actualmente no reciben ningún tratamiento especial. Considerando que actualmente se utiliza un producto con base etilenglicol, esta investigación basada en la información plateada en apartados anteriores, sugiere la utilización de productos con base propilenglicol, ya que estos son biodegradables e inofensivos al ambiente y los seres humanos.

Según la ATSDR (1997), el propilenglicol es un químico que puede ser utilizado en alimentos. Esto indica que puede de realizarse el cambio de

etilenglicol a propilenglicol, los residuos pueden ser vertidos al ambiente sin tratamiento previo, ya que estos no serían nocivos al mismo.

4.3.8. Llantas de desecho

Actualmente estos residuos son transportados y tratados por organizaciones ajenas a taller que se especializan en la reutilización de llantas de desecho. Estas principalmente son recicladas para la elaboración de productos de caucho o incineradas en hornos para la elaboración de cemento.

Debido al potencial contaminante que tienen estos materiales por su composición química, estos entregados a especialistas desde la etapa de transporte hasta su disposición final. Considerando el volumen de residuos que se generan anualmente en el taller, gran parte de estos son enviados para ser utilizados en hornos para la fabricación de cemento. Esto es así, debido a la demanda de combustible de estos equipos y la alta rotación que estos residuos necesitan. De esta forma se asegura una alta rotación en el punto de acopio y se reduce la generación de residuos sólidos por parte del proceso de disposición final.

Dado que el taller no interviene en las etapas de transporte y disposición final, los fines de este apartado son puramente informativos.

4.4. Principales medidas de mitigación de áreas afectadas

Como se ha visto en títulos anteriores, las medidas de mitigación varían, según el tipo de residuo que se vea involucrado, lo cual implica que estas medidas necesiten de diferentes recursos. Así mismo, las medidas de mitigación también cobran importancia en función de los efectos negativos sea capaz de

revertir, mientras más negativo sea el efecto que se revierta, más importante será la medida de mitigación. Por ejemplo, los impactos generados residuos orgánicos podrán no ser tan negativos como los generados por aceites de desecho, por lo que las medidas de mitigación tomadas en el caso de los aceites de desecho cobrarán un grado más de importancia en la medida que pueda evitar daños más severos al ambiente. Según la tabla VII pueden observarse cuáles son los residuos más dañinos al ambiente, por lo que en función de lo abarcado en la temática de medidas de mitigación, este título se enfocará en la medidas tomadas para los aceites de desecho y los acumuladores.

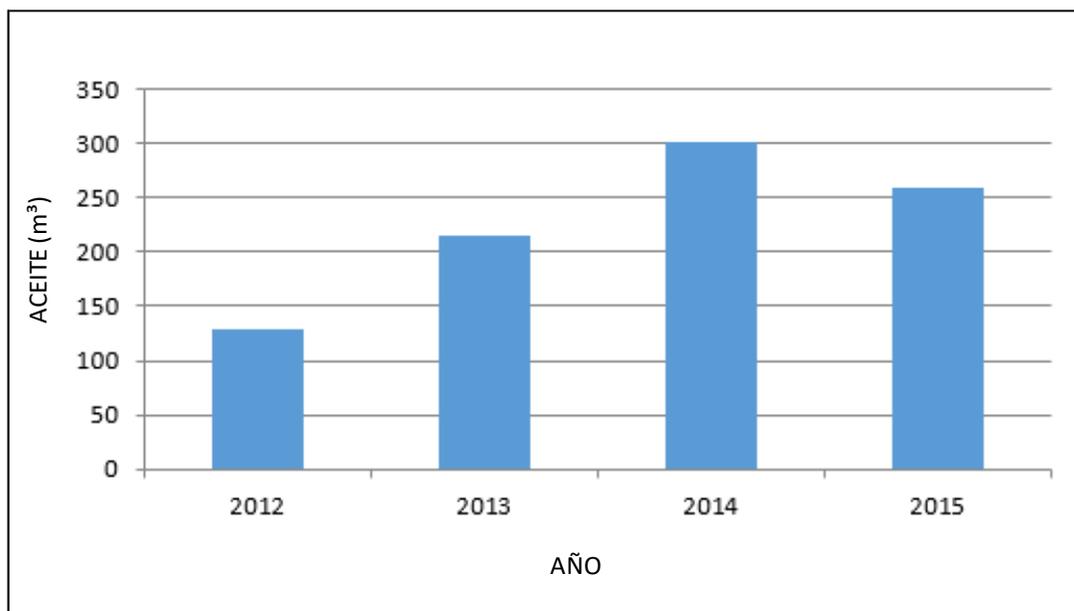
4.4.1. Aceite usado

Estos residuos tienen características dañinas a distintas áreas del ambiente como el suelo y el agua, ya que es capaz de afectar los ciclos biológicos que se desarrollan en el entorno. Según Roling (2002) en Zamora (2012), el análisis funcional muestra que, bajo las condiciones de estudio, no ocurrió el total restablecimiento de la comunidad original, luego de la perturbación, sino que con el tiempo la comunidad se vuelve diferente a la comunidad control, tanto morfológica como fisiológicamente. Esto sugiere que los cambios que ocurren en su estructura probablemente se deban a la adaptación de los organismos al estrés nutricional y como consecuencia la competencia por recursos, así como presión selectiva en el medio, confirmando así los principios ecológicos de los procesos de biodegradación.

Esto indica que el entorno contaminado con aceites no se recupera en su totalidad, afectando las formas de vida que en este se desarrollan. El daño hacia el entorno depende de la cantidad de contaminante que es ingresado al mismo, siendo una relación directamente proporcional, ya que mientras más contaminante se ingrese, mayor será el daño.

En el caso del taller Agrícola y Automotriz se generan alrededor de 1300 toneles de aceite usado por año, siendo alrededor de 270,628 litros (271 m³). Esto puede apreciarse en la figura 16, en la cual puede apreciarse como hasta el año 2014, se tuvo un crecimiento considerable en la cantidad de residuos generados, debido al crecimiento de la flota de equipos. Sin embargo, como una propuesta de ahorro y disminución en la generación de residuos, se analizaron los productos disponibles en el mercado, así como nuevas opciones y tecnologías para el mantenimiento de la flota, teniendo como objetivo la extensión de intervalos entre servicios. De esta forma, se optimiza el recuso económico y se minimiza el impacto, a través de la reducción en la generación de residuos. Por esta razón, a partir del año 2015 se evidencia una reducción en la cantidad de toneles de aceite usado que han sido enviados a reciclaje, a pesar de que la cantidad de equipos operativos sigue siendo igual que en el año anterior.

Figura 16. **Cantidad de aceite usado desechado anualmente**



Fuente: elaboración propia (2016).

Dado que en el caso del taller el principal efecto al ambiente es la generación de residuos, se toma como medida de mitigación la reducción en la generación de los mismos, a través de innovaciones en los procesos. Esto debido a que a la fecha no se han tenido incidentes causados por aceites usados y la disposición final es manejada por terceros ajenos a la organización.

4.4.2. Acumuladores

Considerando las propiedades de los acumuladores, el taller Agrícola y Automotriz entrega estos residuos a terceras personas especializadas en el manejo y reciclaje de los mismos, con el fin de no afectar directamente el ambiente. Sin embargo, durante las etapas de acopio y trasiego puede llegar a ocurrir algún tipo de derrame que cause daños al ambiente.

Estos daños básicamente pueden ser generados por líquidos liberados por los residuos, ya sea por daños en la estructura de los acumuladores o por mal manejo por parte del personal. En ambos casos debe tomarse en cuenta el potencial de estos líquidos para afectar el ambiente y las personas involucradas.

A la fecha no se han tenido inconvenientes o daños a causa de estos residuos, por lo que no se tienen áreas geográficas afectadas por estos contaminantes. Sin embargo, se considera como un impacto la cantidad de residuos generados, ya que estos elementos son utilizados en todos los equipos que tienen motor de combustión interna de una cilindrada mayor a 100 centímetros cúbicos. Esto implica que se puedan llegar a reemplazar más de 2,000 acumuladores por zafra, generando una cantidad considerable de material residual.

A raíz de esto se han evaluado nuevas opciones que, al igual que el caso de los aceites, se busca una reducción de costos y generación de residuos, ya que cada temporada se busca minimizar el impacto que los procesos productivos de la organización puedan tener sobre el ambiente. En el caso de los acumuladores, se están evaluando tecnologías como los acumuladores de ciclo profundo, cuyo tiempo de operación es mayor. Esto busca reducir la cantidad de residuos que se genera por temporada, contribuyendo con el cuidado ambiental, a través del uso de tecnologías más eficientes.

4.5. Gestión responsable de residuos

Según Hernández (2015), la gestión de residuos es el conjunto de operaciones que se realizan para administrar la recolección, el transporte, procesamiento, tratamiento y disposición final de residuos. Una gestión responsable hace mención a realizar estas actividades de forma consciente, evitando en la medida de lo posible los impactos negativos sobre el ambiente y los seres vivos que interactúan en él.

En el caso del taller, la gestión responsable de residuos abarca la mayoría de procesos, desde la recolección y en algunos casos hasta la disposición final. Se aclara esto, ya que la disposición final de los residuos, debido a su composición es realizada en instalaciones ajenas a la organización. En este caso, la responsabilidad de la empresa recae en buscar la mejor opción disponible en el mercado para el tratamiento final de los residuos generados a modo de evitar los efectos negativos que estos pueden llegar a tener.

Los residuos generados deben ser clasificados, recolectados y acopiados por personal capacitado, dicho de otra forma, los residuos deben ser recolectados, según los lineamientos establecidos para cada uno de estos.

Además, debe considerarse que el personal involucrado en estas labores debe contar con equipo de protección personal, según la labor que se realizará. En la mayoría de casos, el EPP básico (casco, lentes, guantes de cuero y punteras de acero) serán suficientes para las labores de recolección. Sin embargo, en labores como la recolección de combustibles y aceites, es necesario contar con guantes de látex y extintor de incendios.

En el caso del transporte y en algunos casos trasiego de residuos, es necesario contar con equipo especializado para la labor y de igual forma, con equipo de protección personal, según lo requiera la actividad. Es importante mencionar que el EPP básico debe ser utilizado en cualquiera de las actividades mencionadas, en algunos casos únicamente se adicionará protección.

La gestión responsable de residuos reúne una serie de procesos y protocolos que velan por la protección del ambiente, los seres vivos involucrados y la disposición correcta de los residuos. Esto requiere de estrictas disciplinas y controles que al final logrará reducir y mitigar impactos negativos al entorno, así como la prevención de accidentes cuyos efectos pueden llegar a causar pérdidas ambientales de gran importancia.

En resumen, el cuidado ambiental puede lograrse a través de una gestión consciente y responsable que tomen en cuenta los residuos a manejar, así como sus características y efectos, ya que de este modo puede buscarse la mejor forma de administrar los procesos aplicables a la realidad actual.

4.6. Resumen del plan de manejo

Considerando que uno de los propósitos del presente trabajo es la elaboración de una guía práctica para manejo de materiales residuales aplicable

a la realidad actual del taller Agrícola y Automotriz, en este apartado se presentan tablas resumen que permiten tomar en cuenta los aspectos principales para el manejo adecuado de estos materiales. Esto hace énfasis en acciones que la institución puede adoptar en corto y mediano plazo, siendo de beneficio para el ambiente y los seres que en el habitan.

Tabla VIII. **Aspectos principales en el manejo de materiales residuales***

	Acopio	Disposición final
Orgánicos	Utilizar recipientes cerrados para evitar ingreso de plagas y emanación de malos olores.	Reutilizar como fertilizante. Opcional fabricación de compost.
Vidrio	Utilizar recipientes cerrados para evitar ingreso de plagas y emanación de malos olores.	Buscar un especialista en reciclaje de estos materiales.
Papel o cartón	Utilizar recipientes cerrados para evitar ingreso de plagas y emanación de malos olores.	Buscar un especialista en reciclaje de estos materiales.
Metálicos	Almacenar aislado de los elementos.	Buscar un especialista en reciclaje de estos materiales.
Aceites usados	Almacenar en tanques cerrados, según tipo de aceite.	Buscar un especialista en reciclaje o filtración de estos materiales para dar segunda utilización.
Refrigerante de motor	Almacenar en tanques cerrados únicamente para refrigerante.	Utilizar refrigerante biodegradable para evitar daños al ambiente al momento de fugas.
Acumuladores (baterías)	Almacenar en área aislada de los elementos con ventilación suficiente o sistema de extracción de aire.	Buscar un especialista en reciclaje de estos materiales.
Llantas usadas	Almacenar aisladas de los elementos. Evitar contacto con agua.	Buscar un especialista en reciclaje o reutilización de estos materiales.

*La etapa de transporte es realizada por la misma entidad responsable de la disposición final por lo que no se enfatiza en ello.

Fuente: elaboración propia (2016).

Tabla IX. **Recomendaciones de mejora por etapa, según tipo de residuo***

	Acopio	Transporte	Disposición final
Orgánicos	Establecer ciclo de recolección menor a 7 días	Utilizar vehículos adecuados para evitar la pérdida de material en el proceso.	Velar por el cumplimiento del ciclo de elaboración de compost para evitar la propagación de plagas.
Vidrio	Utilizar recipientes con tapadera para evitar ingreso de plagas	Transportar en vehículos o recipientes cerrados.	Reciclar
Papel o cartón	Almacenar los residuos dentro de los recipientes, reducir de tamaño los residuos de ser necesario.	Transportar en vehículos o recipientes cerrados.	Reciclar
Metálicos	Almacenar en área techada con piso de concreto, aislar de los elementos.	-	Reciclar
Aceites usados	Inspección periódica de dique de contención y alarma sonora. Implementación de sistema contra incendios.	Velar por el uso de vehículos sin fugas, deben contar con extintores.	Filtrar para reutilización. Utilizar en aplicaciones que requieran menor especificación de lubricantes como bandas transportadoras.
Refrigerante de motor	-	-	Utilizar refrigerante a base de propilenglicol por ser biodegradable.
Acumuladores (baterías)	Restringir acceso de personal no autorizado a área de almacenaje.	Manipulación y transporte por personal calificado.	Reciclar
Llantas usadas	Almacenar en área techada con piso de concreto, aislar de los elementos.	-	Reciclar / Reutilizar

*No se realizan recomendaciones en etapas del proceso que sean responsabilidad de entidades terceras.

Fuente: elaboración propia (2016).

En la tabla VIII, se observan los aspectos principales a tomar en cuenta para el manejo de materiales residuales generados en el taller Agrícola y Automotriz, haciendo énfasis en las etapas sobre las que se tiene influencia como institución. Por esta razón, no se toma en cuenta la etapa de transporte, ya que en todos los casos es responsabilidad de la entidad que se encarga de la disposición final de los residuos. Cabe resaltar que en la etapa de disposición final no se tiene influencia sobre los procesos utilizados por las entidades terceras, sin embargo, es responsabilidad del taller buscar la mejor opción para la disposición de los materiales. Por esta razón, en algunas casillas se recomienda la búsqueda de un especialista del reciclaje del material, aun considerando que esto pueda tener un costo para la institución.

En la tabla IX, se evidencia a manera de resumen las principales recomendaciones que el taller puede implementar considerando la realidad actual. Las casillas en las que no se realizan recomendaciones corresponde a procesos fuera del alcance del taller. Es importante mencionar que cada una de las recomendaciones responde a medidas de mitigación inexistentes o parcialmente implementadas, así como también para contrarrestar riesgos que pueden llegar a causar que los materiales residuales causen más daños al ambiente. Tal es el caso de la implementación de sistemas contra incendio en el área de almacenamiento del aceite usado, el cual si llega a incinerarse, puede llegar a dañar al personal y emanar vapores tóxicos al aire.

CONCLUSIONES

1. Para que las medidas de mitigación planteadas en el plan de manejo de residuos formen parte de una solución integral es necesario considerar tanto la clasificación y efectos de los residuos, así como la realidad actual del contexto sobre el cual se trabajará.
2. Los residuos potencialmente más perjudiciales, debido a sus características y volumen de generación son los aceites de desecho y los acumuladores, ya que son tóxicos y peligrosos.
3. Los aceites de desecho y líquidos peligrosos pueden llegar a contaminar suelos y cuerpos de agua, obstruyendo el desarrollo normal de los ecosistemas y afectado a los seres vivos, debido a sus propiedades tóxicas.
4. La aplicación de normas internacionales para protección del medio ambiente puede llegar a ser una guía aplicable al contexto de la organización a modo de modificar las prácticas actuales, con el fin de reducir y mitigar los impactos potenciales de los residuos generados en el taller.

RECOMENDACIONES

1. Definir las medidas de mitigación aplicables a la realidad de la institución en función del tipo de residuo a tratar, considerando su peligrosidad y volumen de generación tomando como base la matriz de Leopold.
2. Manipular y transportar con especial cuidado los residuos más perjudiciales al ambiente, cumpliendo con estándares internacionales, para minimizar la posibilidad de contacto y daño al ambiente.
3. Velar por el correcto almacenaje, transporte y reciclaje o reutilización controlada de los aceites usados y líquidos peligrosos, para evitar que lleguen a contaminar cuerpos de agua o afectar seres vivos.
4. Modificar los procedimientos actuales para gestión de residuos en el taller, basándose en normas aceptadas internacionalmente para la protección del medio ambiente y mitigación de daños al ambiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

(ATSDR), A. f. (1997). *Ethylene glycol and Propylene glycol*. ATSDR.

Benavides, L. (07 de Octubre de 1997). *Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de Guía para el diseño de rellenos de seguridad en américa latina:
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/gtz/grespel/guiadisr.html>

Benavides, L. (22 de Julio de 1997). *Biblioteca Virtual de desarrollo sostenible y salud ambiental*. Obtenido de Guía para la definición y clasificación de residuos peligrosos:
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/gtz/defclarp/guiares.html>

Beukering, P. v. (1996). *The Economic and Enviromental Impacts of the Waste Paper Trade and Recycling in India: a Material Balance Approach*. Amsterdam: Institute for Environmental Studies.

BONSUCRO. (30 de 06 de 2016). *BONSUCRO. the global sugarcane platform*. Obtenido de <http://www.bonsucro.com/>

Centre, I. E. (2013). *Policy Brief on Waste Oil*. Osaka: UNEP.

Clean Up Australia. (2009). *Clean Up*. Australia. Obtenido de <http://www.cleanup.org.au/au/>

Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales. (2006). *Guía de términos de referencia para la elaboración de un estudio de evaluación de*

impacto ambiental. Guatemala: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales. (2006). *Modelo de aviso público sobre instrumentos de evaluación ambiental*. Guatemala: Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales.

Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales. (2006). *Requisitos básicos de presentación para Estudios de Evaluación de Impacto Ambiental*. Guatemala: Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales.

Dillon, C. (1994). *The ecological impact of batteries*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.

Energy, U. D. (1999). *Ignitable, Corrosive, Reactive, and Incompatible Wastes Information Brief*. Office of Environmental Guidance.

Environmental Defense and the Alliance for Environmental Innovation. (1998). *Q & A on the Environmental Benefits of Recycled Paper*. Environmental Defense.

Fieldson, G. (Marzo de 1995). *Green Stuff Considered - Coolants and Corrosion* -. Obtenido de <http://www.team.net/sol/tech/coolant.html>

Filter Manufacturers Council. (2011). *Boletín de Servicio Técnico 94-7R11*. Carolina del Norte: Research Triangle Park.

Gestión en Recursos Naturales. (2018). *Impactos Ambientales GRN*. Colombia. Obtenido de <http://www.grn.cl/impacto-ambiental.html>.

Gómez, J. P. (2010). *Gestión de Residuos Industriales*. Fondo Social Europeo.

Guatemala, P. d. (4 de abril de 2005). Acuerdo Gubernativo No. 111-2005. *Política Nacional para el manejo de los residuos y desechos sólidos*. Guatemala, Guatemala.

Henao, G. J. (2008). *Aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos en Colombia*. Antioquia: Universidad de Antioquia.

Hernández, R. (2015). *Tratamiento y estrategia en la gestión de residuos*. Guatemala.

I. O. (2004). *Sistemas de gestión ambiental - Requisitos con orientación para su uso*. Secretaría Central de ISO.

I.E.T.C., I. E. (2013). *Policy Brief on Waste Oil*. Osaka: UNEP.

Innovation, E. D. (1998). *Q & A on the Environmental Benefits of Recycled Paper*. Environmental Defense.

Larios, C. A. (2011). *Manejo de residuos sólidos*. Hondupalma.

Management, N. D.-D. (s.f.). *Guideline 21 - Scrap Tire Management*. North Dakota: North Dakota Department of Health.

MEGlobal. (2008). *Ethylene Glycol Product Guide*. Dubai: The MEGlobal Group of Companies.

Minnesota Pollution Control Agency. (2015). *Used Oil and Related Wastes*. Minnesota: Minnesota Pollution Control Agency.

PROLAGO con apoyo de USAID. (s.f.). *Manejo de residuos sólidos, prácticas adecuadas*. La Paz: USAID.

Presidencia de la República de Guatemala. (4 de Abril de 2005). Acuerdo Gubernativo No. 111-2005. *Política Nacional para el manejo de los residuos y desechos sólidos*. Guatemala, Guatemala.

Pennington, D. G. (1996). *Effects of waste tires, waste tire facilities, and waste tire projects on the environment*. California: State of California.

PROARCA/SIGMA. (2003). *Guía para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales*. PROARCA.

Services, U. D. (1997). *Toxicological profile for used mineral-based crankcase oil*. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.

Shell España, S. (6 de febrero de 2008). Shell Rimula R4 L 15W-40. *Shell Rimula R4 L 15W-40*. Madrid, España.

Suárez Velázquez, G. A. (2012). *Plan de manejo de residuos en la industria azucarera caso de estudio: Ingenio Adolfo López Mateos, Oaxaca*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.

Zamora, A. (2012). *Efecto de la contaminación por hidrocarburos sobre algunas propiedades químicas y microbiológicas de un suelo de sabana*. Caracas: Bioagro.

ANEXO

1. El documento “Boletín de Servicio Técnico 94-7R11” del Consejo de Fabricantes de Filtros es visible en la siguiente página.