

T-UES
1506
N972p
2000
EJ. 1

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**PROPUESTA PARA LA GESTION DE RESIDUOS
SOLIDOS EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**

PRESENTADO POR

KENY MARISOL NUÑEZ RIVAS
ERIKA EMPERATRIZ RAMIREZ MENJIVAR
ANA CONCEPCION YANES GUTIERREZ

PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERA QUIMICO

15101054

15101054

CIUDAD UNIVERSITARIA, MARZO DEL 2000



4832

Recibidas el 30/Marzo del 2000

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR



RECTORA : DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL : LICDA. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO : ING. ALVARO ANTONIO AGUILAR ORANTES

SECRETARIO : ING. SAÚL ALFONSO GRANADOS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Eugenia Salvadora Gamero Rodríguez".

DIRECTORA : ING. EUGENIA SALVADORA GAMERO RODRÍGUEZ

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

**Trabajo de Graduación previo a la opción de:
INGENIERA QUIMICO**

Título :

**PROPUESTA PARA LA GESTION DE RESIDUOS
SOLIDOS EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.**

Presentado por :

**KENY MARISOL NUÑEZ RIVAS
ERIKA EMPERATRIZ RAMIREZ MENJIVAR
ANA CONCEPCION YANES GUTIERREZ**

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinadora : Ing. Eugenia Salvadora Gamero Rodríguez

Asesora : Ing. Tania Torres Rivera

San Salvador, Marzo del 2000.

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinadora :



Ing. Eugenia Salvadora Gamero Rodríguez



Asesora :



Ing. Tania Torres Rivera

AGRADECIMIENTOS

Por el apoyo brindado para la ejecución de este trabajo de graduación, por animarnos a salir adelante en la meta propuesta y compartir el triunfo obtenido. Gracias.

M.Sc. Delmy del Carmen Rico Peña

Ing. Eugenia Gamero Rodríguez

Ing. Tania Torres Rivera

Ing. Fernando Teodoro Ramírez

Sra. Sandra Lorena Recinos

Sr. Juan Rodolfo Mendoza

Sr. Oscar Morán

Ing. Irma Lilian Merino Jovel

Ing. Javier Borjorquez

Ing. José Joaquín León

Karen Gutiérrez Morán

Ramón Antonio López Leiva

Angel Armando Yanes Gutiérrez

Edgardo Abrego Marcenaro

Victor René Gómez

Alexander Ernesto Dimas

Douglas Morales Díaz

Ing. Jacqueline Carolina Alvarado

Sr. Ernesto Clavel Peña

Familia Núñez Rivas

Familia Menjivar

Familia Yanes Gutiérrez

Familia Merino Jovel

Familia Linares Castro

Departamentos de Limpieza de la Universidad de El Salvador.

Y a todos aquellas personas que de alguna forma nos apoyaron.

DEDICATORIA

- A Dios y La Santísima Virgen María** : Por no permitir que desmayara ante las dificultades y retos de la vida. Porque iluminan mi vida y me acompañan siempre.
- A mi Mamá** : Por ser el centro de mi vida, el apoyo incondicional de mis proyectos, la mejor madre del mundo y por su amor infinito. Este triunfo es para Usted.
- A mi Papá** : Porque desde mis primeros años me guío para que fuera profesional, por el apoyo para que culminará mi carrera. Gracias por su amor. Este triunfo es suyo.
- A mi Hermanos** : Gracias por su amor, por darme fuerzas en la lucha por conseguir mi meta, este éxito es también de ellos.
- A mis Compañeras** : Ana Concepción Yanes y Erika Emperatriz Ramírez que más que compañeras son mis amigas, con las que compartí largas noches de estudio, y alegrías. Gracias por permitirme ser parte de sus vidas.
- Familia Merino Jovel** : Sra. Irma Jovel de Merino por su cariño, cuidados y apoyo. Gracias por hacerme parte de su familia. Que Dios la bendiga. A Irma por su apoyo incondicional. Karli y Rafael por su cariño.
- Familia Yanes Gutiérrez-León**
- Familia Menjivar** : Que me brindaron todo su cariño, y que me hicieron parte de sus familias.
- A mis Familiares** : Por su cariño y confianza.
- A todos mis Amigos** : Que siempre me dieron fortaleza para seguir adelante. Que Dios los bendiga.

Kenya Marisol Núñez Rivas

DEDICATORIA

- A Dios Todopoderoso:** Por brindarme día a día su amor inmenso y llenarme de bendiciones. Por darme sabiduría, por ser el gran pilar de mi vida, por ser mi amigo que me ha ayudado y ha estado conmigo en cada momento para enfrentar cada reto. Te dedico este triunfo y te lo agradezco mucho Padre mío y a su Madre por cuidarme cada día.
- A mi Madre y Abuela:** A Blanca Cecil Menjívar y María Sara Menjívar (de grata recordación), las amo por ser el ejemplo más lindo que Dios ha puesto en mi vida, gracias por todo su amor y abnegación. A mi madre por ser mi estímulo, mi guía y por su comprensión. Este triunfo es más tuyo que mío pues has luchado y te has sacrificado en cada instante por que alcanzáramos esto, gracias mamá por darme esta oportunidad y por ser tu hija Te Amo.
- A mi Novio :** Ramón López por toda su comprensión, apoyo y ayuda desde el momento en que nos conocimos, gracias por tu ternura y tu amor, Te Amo.
- A mis Compañeras :** Ana Concepción Yanes y Keny Marisol Núñez por ser mis mejores compañeras de estudio y trabajo. Gracias por su infinita comprensión y ayuda, por tener el honor de compartir con ustedes momentos tan importantes como este sin ustedes no se habría logrado este trabajo. Gracias por brindarme su amistad.
- A Irma Lilian Merino y Familia :** Por toda su ayuda y amistad durante momentos difíciles de nuestra carrera, que Dios las bendiga.
- A mis Familiares :** Por confiar en mí y tener fe en que lograría alcanzar esta meta.
- A todos mis Amigos :** Por todas sus palabras de aliento en los momentos que mas los necesite y sobre todo por su amistad.

Erika Ramírez Menjívar

DEDICATORIA

- A Dios Todopoderoso:** Por ser la guía, la luz y la fuerza, que me impulsa a seguir adelante. Por acompañarme en todos los momentos de mi vida, llenándolos de inmensas bendiciones y por regalarme la sabiduría para culminar esta meta.
- A mi Madre :** Ana Dinora Gutiérrez de Yanes (de grata recordación) por ser el motor de mi vida, por brindarme su amor infinito, apoyo y comprensión. Mamá, te dedico este éxito porque sé que siempre estás conmigo.
- A mi Padre :** José Armando, por su amor y apoyo. Gracias por sus consejos sabios y acertados. Este triunfo es suyo.
- A mi Mamá Fina :** Por brindarme su amor infinito y comprensión. Gracias por iluminar mi vida con su existencia.
- A mis Hermanos :** Angel Armando, por su apoyo, amor y confianza. Te quiero mucho.
José Joaquín León, Por sus consejos y amor, Eres parte del triunfo alcanzado.
- A mis Compañeras :** Erika Emperatriz Ramírez y Keny Marisol Núñez. Gracias por su comprensión, por su lealtad, su cariño, su amistad y su paciencia. Gracias por ser parte de este éxito.
- Familia Merino Jovel:** Sra. Irma Lilian de Merino gracias por todo su amor y bendiciones. A mi amiga Irma, por su apoyo incondicional y su amistad sincera.
- A Familia Núñez Rivas y Ramírez:** Gracias por todo el apoyo brindado a lo largo de nuestra carrera.
- A mis Familiares :** Por su Amor y Confianza, en especial a Isaí Arnoldo, por ser quién me brindó su amistad, cariño y apoyo, mil gracias.
- A todos mis Amigos :** Por ser parte importante en el logro de este triunfo, Gracias por su apoyo y amistad.

Ana Concepción Yanes Gutiérrez.

RESUMEN

El estudio sobre residuos sólidos en la Universidad de El Salvador implicó una serie de etapas que comenzó con la planificación del método a seguir para cuantificar y clasificar los residuos sólidos. Una vez determinado que los puntos de disposición final de los residuos sólidos en el Campus Universitario eran los contenedores, se decidió ahí, monitorear con el fin de conocer la cantidad de residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador, así como la clasificación de éstos.

Para la clasificación se dividió en nueve categorías los residuos sólidos: papel, plástico, vidrio, residuos de jardín, residuos de comida, durapax, metales, maderas y otros.

Después de cinco semanas de monitorear los contenedores se determinó la cantidad de residuos sólidos generados por semana; que corresponde en porcentaje: 26.30% Contenedor de Oficinas Centrales, 25.92% Contenedor de Jurisprudencia y Ciencia Sociales, 19.90% Contenedor de Ingeniería, 16.94% Contenedor de Deportes, 6.41% Contenedor de la Placita y 4.53% Facultad de Odontología.

En la clasificación de los residuos sólidos totales para la Universidad de El Salvador se determinó que la mayor proporción lo tienen los residuos de jardín con 62.50%, seguidos del papel y cartón con 19.29%, plástico 8.52%, 3.19% residuos de comida, 3.17% durapax, 1.13% vidrio, 1.07% vidrio, 0.76% otros y 0.37%.

El mismo método de cuantificación y clasificación se utilizó en los cafetines.

Los cafetines se monitorearon aparte de los residuos sólidos generados por las diferentes facultades y oficinas de la Universidad de El Salvador, ya que los residuos sólidos provenientes de cafetines no tienen su disposición final en los contenedores, sino que el servicio de recolección municipal se los lleva directamente. Los datos obtenidos en cafetines fueron los siguientes: Cafetín de ACOPUS 53.99%, Chalet El Manguito 20.29%, Cafetín de Química y Farmacia 16.40%, Cafetín Central 9.31%.

Con respecto a la clasificación de los residuos sólidos en cafetines se obtuvo que los residuos de comida tienen el porcentaje más alto con 46.11%, lo que es

lógico ya que las ventas más fuertes de los cafetines son las comidas, les siguen los plásticos con 20.26%, el papel y cartón con 17.91%, residuos de jardín con 11.87%, durapax 2.44% y aluminio 1.41%.

El estudio de cuantificación y clasificación fue reforzado con un diagnóstico ambiental donde se identificaron los puntos de generación de residuos sólidos, puntos de disposición final, técnicas de aseo actualmente utilizadas por el personal de limpieza, horarios de limpieza, etc.

Del diagnóstico ambiental se determinó que el mayor problema que enfrenta la Universidad de El Salvador es la falta de concientización de la Comunidad Universitaria a la hora de disponer de los residuos sólidos.

La mayoría de contenedores tienen los residuos sólidos en las afueras de éste, causando un mal aspecto y problemas higiénicos. Lo anterior proviene de que los empleados de la limpieza no depositan los residuos sólidos en el interior del contenedor, siendo este problema acompañado de mal diseño de los mismos.

Igual sucede con los depósitos colocados en los edificios, aulas, áreas verdes, etc., donde los residuos sólidos son acumulados y algunas veces pasan semanas sin ser recogidos; o en la mayoría de los casos los residuos sólidos no son botados en los recipientes sino en el suelo.

De lo anterior, deriva que una campaña educativa es una de las propuestas más fuertes para resolver éste grave problema. Al orientar a los estudiantes que representa la mayoría de la Comunidad Universitaria se pueden disminuir los niveles de generación de residuos sólidos y educar en la disposición final de los mismos. Otro sector importante es el personal de limpieza, por ser éstos encargados de la limpieza y disposición final de los residuos sólidos en los contenedores del Campus Universitario.

Otro de las alternativas planteadas para disposición de los residuos sólidos es hacer compostaje a partir de los residuos de jardín, ya que representan la mayor proporción generada en el Campus Universitario como se aprecia en los datos obtenidos de la clasificación.

Otro aspecto es de hacer notar que la Universidad de El Salvador genera residuos sólidos hospitalarios provenientes de las Clínicas de Odontología, los

cuales necesitan una manipulación especial por la peligrosidad de los mismos. Actualmente esto no se lleva a cabo por lo que necesita de un convenio con el Ministerio de Salud para que disponga de estos desechos adecuadamente.

INDICE.

Contenido	Página
Introducción	1
1.0 Investigación Bibliográfica sobre Residuos Sólidos	2
1.1 Definición de Residuos Sólidos	2
1.2 Gestión de Residuos Sólidos	3
1.3 Elementos Funcionales de un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos	3
1.3.1 Generación de Residuos Sólidos	4
1.3.2 Manipulación de Residuos y Separación, Almacenamiento y Procesamiento en el Origen	4
1.3.3 Recogida	5
1.3.4 Separación, Procesamiento y Transformación de Residuos Sólidos	5
1.3.5 Transferencia y Transporte	6
1.4 Orígenes y Tipos de Residuos Sólidos Urbanos	7
1.4.1 Orígenes de los Residuos Sólidos	7
1.4.2 Tipos de Residuos Sólidos	7
1.5 Transformaciones Físicas, Químicas y Biológicas de los Residuos Sólidos	12
1.5.1 Transformaciones Físicas	13
1.5.2 Transformaciones Químicas	14
1.5.3 Transformaciones Biológicas	16
1.6 Medidas Utilizadas para Cuantificar las Cantidades de Residuos Sólidos	18
1.6.1 Medidas de Volumen y Peso	18
1.6.2 Expresiones para la Tasa de Generación de Residuos por Unidad	19
1.7 Factores que Afectan la Generación de Residuos Sólidos	19
1.7.1 Efecto de La Reducción en Origen y de las Actividades de Reciclaje Sobre La Generación de Residuos	20

1.7.2 Efecto de las Actitudes Públicas y la Legislación Sobre La Generación de Residuos	21
1.7.3 Efectos de Los Factores Físicos y Geográficos Sobre La Generación de Residuos	22
1.8 Riesgos Generados por Los Residuos Sólidos	23
2.0 Desempeño y Gestión de Residuos Sólidos en El Salvador.	26
2.1 Programas Nacionales en el Sector de Residuos Sólidos.	26
2.2 Organización del El Sector de Residuos Sólidos	28
2.3 Análisis de la Gestión de Residuos Sólidos	29
2.4 Mercado de Reciclaje en El Salvador	32
3.0 Generación y Recolección de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.	38
3.1 Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	38
3.2 Puntos de Generación de Residuos Sólidos Universidad de El Salvador	40
3.3 Organización de la Recolección de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	43
4.0 Determinación de la Cantidad y Composición de Los Residuos Sólidos en La Universidad de El Salvador	47
4.1 Prueba Piloto para la Determinación del Número de Muestras Necesarias para la Estimar la Cantidad y la Composición de los Residuos Sólidos Generados en la Universidad de El Salvador	47
4.2 Investigación de Campo para la Determinación de la Cantidad y Composición de los Residuos Sólidos Generados en la Universidad de El Salvador	52
5.0 Cuantificación y Clasificación de Residuos Sólidos	53
5.1 Material y Equipo	54
5.2 Procedimiento de Recolección de Muestras.	55
5.3 Caracterización Física y Análisis Físicos y Físicoquímicos de los Residuos Sólidos Generados en la Universidad de el Salvador	56
5.3.1 Características Físicas	56
5.3.1.1 Resultados de la Cuantificación de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	56

5.3.1.2 Resultados de la Clasificación de Residuos Sólidos por Contenedores en la Universidad de El Salvador	57
5.3.1.3 Resultados de la Clasificación de Residuos Sólidos por Cafetin en la Universidad de El Salvador.	59
5.3.1.4 Resultados Globales de la Clasificación de Residuos Sólidos en La Universidad de El Salvador.	61
5.3.1.5 Análisis de los Resultados de la Cuantificación y Clasificación de los Residuos Sólidos en La Universidad de El Salvador	62
5.3.1.6 Estimaciones de las Medias Poblaciones (μ) para la Cantidad Generada [Kg/día] de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.	74
5.3.2 Análisis Físicos	78
5.3.3 Análisis Fisicoquímicos.	81
5.4 Determinación de la Producción Percápita de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	82
6.0 Trabajo De Campo Para El Diagnostico Del Sector Limpieza En La Universidad De El Salvador	84
6.1 Análisis de los Resultados para el Trabajo de Campo para el Diagnostico del Sector Limpieza en la Universidad de El Salvador.	87
7.0 Propuesta para la Gestión Integral de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	96
7.1 Creación de la Unidad de Medio Ambiente para la Universidad de El Salvador.	97
7.2 Programación de Concientización	99
7.2.1 Programa de Concientización para Empleados del Sector Limpieza	100
7.2.2 Programa de Concientización para Estudiantes, Docentes y Administrativos	101
7.3 Reducción en el Origen	103

7.4 Elaboración de Compostaje a Partir de Residuos Sólidos Orgánicos Generados en la Universidad de El Salvador	104
7.5 Programa de Reciclaje	115
7.6 Diseño Adecuado de los Contenedores para Residuos Sólidos dentro de la Universidad de El Salvador	121
7.7 Desechos Sólidos Hospitalarios	122
8.0 Observaciones	131
9.0 Conclusiones	134
10.0 Recomendaciones	137
11.0 Referencias Bibliográficas	138
12.0 Glosario	140
Anexos	147
Anexo A. Mapa de la Ciudad Universitaria	148
Anexo B. Fotografías del Diagnóstico de los Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	151
Anexo C. Estimaciones Estadísticas.	157
Anexo D. Normas Mexicanas para el Análisis de Residuos Sólidos	163
Anexo E. Resultados de Análisis fisicoquímicos	199
Anexo F. Encuesta para Auditoria Ambiental a los Encargados de los Departamentos de Limpieza	201
Anexo G. Teorías Sobre Proyectos de Gestión de Residuos Sólidos	205

INDICE DE CUADROS.

Contenido	Página
Cuadro 1.1 Fuente de Residuos Sólidos en la Comunidad	8
Cuadro 1.2 Sugerencia Acerca de las Unidades de Expresión para Las Cantidades de Residuos Sólidos	20
Cuadro 2.1 Planes de Gestión para el Sector de Residuos Sólidos en El Salvador	27
Cuadro 2.2 Entidades Dedicadas al Estudio y Ejecución de Proyectos Ambientales	28
Cuadro 2.3 Precios Promedios de Compra de Papel	34
Cuadro 2.4 Precios Promedios de Compra de Vidrio	35
Cuadro 2.5 Precios Promedios de Compra de Aluminio.	36
Cuadro 2.6 Precios Promedios de Compra de Plástico.	37
Cuadro 3.1 Identificación de los Contenedores de Disposición Final de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	38
Cuadro 3.2 Lugares de Disposición Final de los Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	39
Cuadro 3.3 Cafetines y Chalets de la Universidad de El Salvador	41
Cuadro 3.4 Tipos de Residuos Sólidos Generados por los Talleres de la Universidad de El Salvador	42
Cuadro 3.5 Tipo de Recipientes Utilizados para la Recolección Interna de Los Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	45
Cuadro 3.6 Horarios de Trabajo del Personal de Limpieza de las Diferentes Facultades de la Universidad de El Salvador	46
Cuadro 3.7 Frecuencia de Recolección Interna	47
Cuadro 4.1 Pesos de Residuos Sólidos de la Prueba Piloto en la Universidad de El Salvador	50
Cuadro 4.2 Porcentajes de Residuos Sólidos de la Prueba Piloto en la Universidad de El Salvador	50
Cuadro 4.3 Varianza Muestral para las Diferentes Categorías de Residuos Sólidos de la Prueba Piloto en la Universidad de El Salvador	51

Cuadro 4.4 Número Total de Muestras Necesarias para Estimar la Composición de los Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	52
Cuadro 4.5 Plan de Muestreo para la Determinación de la Cantidad de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador	53
Cuadro 5.1 Equipo de Protección Personal	55
Cuadro 5.2 Materiales Utilizados para la Cuantificación de Residuos Sólidos	55
Cuadro 5.3 Instrumento de Medición Utilizados para la Cuantificación de Residuos Sólidos	56
Cuadro 5.4 Promedio Diario Total de Residuos Sólidos en Diferentes Contenedores de la Universidad de El Salvador	57
Cuadro 5.5 Promedio Diario Total de Residuos Sólidos en Diferentes Cafetines de la Universidad de El Salvador	58
Cuadro 5.6 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de Ingeniería	58
Cuadro 5.7 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de Oficinas Centrales	59
Cuadro 5.8 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	59
Cuadro 5.9 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de Deportes	60
Cuadro 5.10 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de La Placita	60
Cuadro 5.11 Clasificación de Residuos Sólidos en Cafetín de Química y Farmacia	61
Cuadro 5.12 Clasificación de Residuos Sólidos en Cafetín Central	61
Cuadro 5.13 Clasificación de Residuos Sólidos en Cafetín de ACOPUS	61
Cuadro 5.14 Clasificación de Residuos Sólidos en Cafetín Manguito	62
Cuadro 5.15 Clasificación de Residuos Sólidos Totales por Contenedor	62
Cuadro 5.16 Clasificación de Residuos Sólidos Totales por Cafetines.	75
Cuadro 5.17 Estimación de las Medias Poblacionales (μ) de las Cantidades de Residuos Sólidos Generados en Cafetines en la Universidad de El Salvador a un Nivel de Significancia del 0.05.	76
Cuadro 5.18 Estimación de las Medias Poblacionales (μ) por Componente de los Residuos Sólidos Generados en Contenedores de la Universidad de El Salvador con un Nivel de Significancia del 0.05.	77
Cuadro 5.19 Estimación de las Medias Poblacionales de la Proporción de Cada	

Componente de los Residuos Sólidos Generados en Cafetines de la Universidad de El Salvador con un Nivel de Significancia del 0.05	77
Cuadro 5.20 Promedio de Datos en el Calculo de Densidades No Compactada para los Residuos Sólidos	81
Cuadro 5.21 Resultados de los Análisis de Humedad de los Residuos Sólidos de la Universidad de El Salvador	81
Cuadro 5.22 Resultados de los Análisis de Cenizas de los Residuos Sólidos de la Universidad de El Salvador	82
Cuadro 5.23 Análisis Fisicoquímicos de los Residuos Sólidos de la Universidad De El Salvador.	83
Cuadro 6.1 Responsabilidad del Manejo de Residuos Sólidos	85
Cuadro 6.2 Equipos y Medidas de Seguridad.	86
Cuadro 6.3 Grado de Aceptación del Equipo y Normas de Seguridad	86
Cuadro 6.4 Incidentes Provocados por el Manejo de Residuos Sólidos	86
Cuadro 6.5 Grado de Ocurrencia de Incidentes Provocados por el Manejo de la Basura	87
Cuadro 6.6 Recuperación de Residuos Sólidos dentro de la Universidad de El Salvador	87
Cuadro 6.7 Conocimiento Sobre Técnicas de Gestión Ambiental.	87
Cuadro 6.8 Disposición Final de los Residuos Sólidos	87
Cuadro 6.9 Soluciones Recomendadas para el Mejoramiento del Sistema Actual de Limpieza dentro de la Universidad de El Salvador.	88
Cuadro 7.1 Residuos Sólidos Ricos en Carbono y Nitrógeno para la Elaboración de Compostaje.	106
Cuadro 7.2 Parámetros para Obtener la Capacidad de una Pila para la Elaboración de Compostaje.	108
Cuadro 7.3 Descripción de la Metodología para la Colocación de los Recipientes Para el Reciclaje de los Residuos Sólidos en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.	116
Cuadro 7.4 Ejemplos de Materiales Reciclables Según la Categoría	117
Cuadro 7.5 Ejemplos de Materiales No Reciclables	117
Cuadro 7.6 Detalle de los Lugares donde se Colocarán Recipientes para Reciclaje	119
Cuadro 7.7 Producción de Desechos Sólidos por Servicios Odontológicos.	125

INDICE DE FIGURAS.

Contenido	Página
Figura 5.1 Promedio Diario (Media Aritmética) de Residuos Sólidos en los Diferentes Contenedores de La Universidad de El Salvador Expresado como Kilogramos Diarios.	63
Figura 5.2 Promedio Diario (Media Aritmética) de Residuos Sólidos en los Cafetines de La Universidad de El Salvador Expresado como Kilogramos Diarios	64
Figura 5.3 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en Los Residuos Sólidos del Contenedor Ingeniería.	65
Figura 5.4 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor de Oficina Central.	66
Figura 5.5 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	67
Figura 5.6 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor de Deportes.	68
Figura 5.7 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor La Placita	69
Figura 5.8 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Cafetin de Química y Farmacia.	70
Figura 5.9 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Cafetin Central	71
Figura 5.10 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Cafetin ACOPUS.	72
Figura 5.11 Promedios de Proporciones Totales con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos de los Contenedores de la Universidad de El Salvador.	73
Figura 5.12 Promedios De Proporciones Totales con que cada Componente Participa en Los Residuos Sólidos de Todos los Cafetines Principales De La Universidad De El Salvador.	74
Figura 6.1 Representa los Equipos y Medidas de Seguridad Utilizadas por los Trabajadores de la Limpieza en la Universidad de El Salvador.. . . .	88
Figura 6.2 Grado de Aceptación de las Normas y Medidas de Seguridad por	

Parte de los Trabajadores de la Limpieza en la Universidad de El Salvador	89
Figura 6.3 Incidentes o Enfermedades Producidas Durante el Manejo de los Residuos Sólidos.	90
Figura 6.4 Grado de Ocurrencia de los Incidentes Durante el Manejo de los Residuos Sólidos	91
Figura 6.5 Recuperación de los residuos sólidos en la Universidad de El Salvador.	91
Figura 6.6 Conocimiento de los Encargados del Area de Limpieza Sobre Técnicas de Gestión Ambiental.	92
Figura 6.7 Forma de realización de la Disposición Final de los Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.	93
Figura 6.8 Recomendaciones Realizadas por los Encargados del Sector Limpieza Dentro de la Universidad de El Salvador para el Mejor Manejo y Disposición Final de los Desechos Sólidos dentro de la Universidad de El Salvador	94
Figura 7.1 Proporciones de los Residuos Sólidos Resultante de la Clasificación en los Contenedores de la Universidad de El Salvador	114

INTRODUCCION.

Los residuos sólidos incluyen todo material sólido o semi-sólido que la persona que lo genera (generador) ya no lo considera de valor suficiente para continuar su posesión (LGEEPA, 1997). Actualmente en El Salvador existe una elevada generación de residuos sólidos, lo cual es originado principalmente por la falta de educación de la población, esto unido a que actualmente no existe un Plan Nacional para el sector de residuos sólidos y que la mayoría de los proyectos elaborados no se han implementado por la falta de financiamiento viene a aumentar el problema.

La Universidad de El Salvador, como una Institución de Educación Superior, debe jugar un papel fundamental en la solución a este grave problema, aportando conocimientos a los nuevos profesionales sobre la mejor manera de disposición final, así como de la disminución en la generación de los residuos sólidos.

Para lograr el objetivo antes mencionado se debe comenzar con el establecimiento de estrategias de minimización dentro del Campus lo que requiere de realizar un estudio dentro de sus instalaciones. En el presente trabajo se realizará una evaluación de la situación actual de los residuos sólidos en la Universidad de El Salvador, lo cual comprende conocer el sistema de recolección, almacenamiento, manejo y disposición final, incluyendo la opinión de las personas encargadas del sector limpieza, quienes son las personas que tienen que hacer frente a este problema de forma directa. Unido a esto es necesario realizar una estimación de la cantidad generada de residuos sólidos semanalmente en el campus, y una determinación de los componentes presentes en los mencionados residuos, ya que con el conocimiento de estos parámetros, se procede a proponer las soluciones adecuadas para la disminución de los desechos sólidos dentro de la Universidad de El Salvador, encaminados a la utilización de los residuos, por medio del reciclaje, compostaje, así como técnicas de minimización, y formas convenientes de disposición final.

1.0 INVESTIGACION BIBLIOGRAFICA SOBRE RESIDUOS SOLIDOS.

RESIDUO: se define como cualquier material utilizado en procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento, cuya calidad no permite usarlo nuevamente en el proceso que lo generó (LGEEPA, 1994).

Los residuos pueden estar en los tres estados físicos fundamentales de la materia: sólidos, líquidos o gases, siendo la mayor proporción la que corresponde a los sólidos y líquidos (LGEEPA, 1994).

Además existe otra manera de clasificar a los residuos: por sus características de peligrosidad, por lo que un residuo peligroso, según La Ley del Medio Ambiente Salvadoreña Art. 5, se define como: cualquier material sin uso directo o descartado permanentemente que por su actividad química o por sus características corrosivas, reactivas, inflamables, tóxicas, explosivas, combustión espontánea, oxidante, infecciosas, bioacumulativas, ecotóxicas o radioactivas u otras características, que ocasionen peligro o ponen en riesgo la salud humana o el ambiente, ya sea por si solo o al contacto con otro desecho (Ley del Medio Ambiente de El Salvador , 1998).

Como corolario a esta definición, un residuo no peligroso carece de las características arriba mencionadas; a esta categoría pertenecen los residuos sólidos.

1.1 Definición de Residuos Sólidos.

- Los residuos sólidos comprenden todos los residuos que provienen de actividades animales y humanas, que normalmente son sólidos y que son desechados como inútiles o superfluos. El término residuo sólido es general, y comprende tanto la masa heterogénea de los desechos de la comunidad urbana como la acumulación más homogénea de los residuos agrícolas, industriales y minerales (Tchobanoglous,1998).

- Los residuos sólidos incluyen todo material sólido o semisólido que la persona que lo genera (generador) ya no lo considera de valor suficiente para continuar su posesión (Tchobanoglous, 1998).

1.2 Gestión de Residuos Sólidos.

La gestión de residuos sólidos puede ser definida como la disciplina asociada al control de la generación, almacenamiento, recogida, transferencia y transporte, procesamiento y evacuación de residuos sólidos de una forma que armoniza con los mejores principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética, y de otras consideraciones ambientales, y que también responde a las expectativas públicas. Dentro de su ámbito, la gestión de residuos sólidos incluye todas las funciones administrativas, financieras, legales, de planificación y de ingeniería involucradas en las soluciones de todos los problemas de los residuos sólidos (Tchobanoglous, 1998).

Las soluciones pueden implicar relaciones interdisciplinarias complejas entre campos como la ciencia, la política, el urbanismo, la planificación regional, la geografía, la economía, la salud pública, la sociología, la demografía, las comunicaciones y la conservación, así como la ingeniería y la ciencia de los materiales. Por esta razón, de los residuos sólidos es importante saber tanto como sea posible acerca de:

- a) Tipos y cantidades de residuos sólidos por recibir.
 - b) Proporciones en que llegaran estos residuos.
 - c) Tipos y cantidades de material que se ha seleccionado y retirado para reutilización y reciclaje.
 - d) Propiedades de los residuos sólidos de valor económico.
 - e) Deber apartar objetos voluminosos, peligrosos y contaminantes.
- (Tchobanoglous, 1998).

1.3 Elementos Funcionales de un Sistema de Gestión de Residuos Sólidos.

Los problemas asociados a la gestión de residuos sólidos en la sociedad actual son complejos, por la cantidad y la naturaleza diversa de los residuos, por el

desarrollo de zonas urbanas dispersas, por las limitaciones de fondos para los servicios públicos en muchas grandes ciudades, por los impactos de la tecnología y por las limitaciones emergentes de energía y materias primas.

Las actividades asociadas a la gestión de residuos sólidos desde el punto de generación hasta la evacuación final, han sido agrupadas en seis elementos funcionales: 1) generación de residuos; 2) manipulación y separación de residuos, almacenamiento y procesamiento en origen; 3) recogida; 4) separación y procesamiento y transformación de residuos sólidos; 5) transferencia y transporte; 6) evacuación. Mediante la consideración de cada elemento funcional por separado, es posible: 1) identificar los aspectos y las relaciones fundamentales implicadas en cada elemento, y 2) desarrollar donde sea posible, relaciones cuantificables para poder realizar comparaciones, análisis y evaluaciones de ingeniería. (Tchobanoglous, 1998).

1.3.1 Generación de Residuos Sólidos.

La generación de residuos abarca las actividades en las que los materiales son identificados como sin ningún valor adicional, y o bien son tirados o bien son recogidos juntos para la evacuación. Por ejemplo, el envoltorio de una chocolatina normalmente se considera de poco valor para el propietario una vez consumida la chocolatina, y suele suceder que se tira, especialmente, al aire libre.

La generación de residuos es, de momento, una actividad poco controlable. La reducción en el origen, aunque no esté controlada por gestores de residuos sólidos, actualmente está incluida en las evaluaciones del sistema como un método para limitar las cantidades de residuos generados (Tchobanoglous, 1998).

1.3.2 Manipulaciones de Residuos y Separación, Almacenamiento y Procesamiento en el Origen.

La manipulación y la separación de residuos involucran las actividades asociadas con la gestión de residuos hasta que éstos son colocados en contenedores de almacenamiento para la recogida. La manipulación incluye el

movimiento de los contenedores cargados hasta el punto de recogida. La separación de los componentes de los residuos es un paso importante en la manipulación y el almacenamiento de los residuos sólidos en el origen. Por ejemplo, desde el punto de vista de las especificaciones de los materiales, y de los ingresos de la venta de los materiales recuperados, el mejor lugar para separar los materiales residuales, para la reutilización y el reciclaje, es en el punto de generación. Los propietarios de casa están cada vez más concienciados con la importancia de separar papel de periódico, cartón, botellas, residuos de jardinería, latas de aluminio y materiales féreos (Tchobanoglous, 1998).

El almacenamiento in situ es de una importancia primordial, debido a la preocupación por la salud pública y a consideraciones estéticas. Los desagradables recipientes improvisados e incluso el almacenamiento al aire libre, ambos indeseables, se ven a menudo en muchos lugares comerciales y residenciales. El coste de equipo para almacenar los residuos sólidos en el origen normalmente corre a cargo del propietario de la casa o apartamento, o de la dirección de las propiedades comerciales e industriales. El procesamiento en el origen incluye actividades como la compactación y el compostaje de residuos de jardinería (Tchobanoglous, 1998).

1.3.3 Recogida.

El elemento funcional de la recogida, incluye no solamente la recogida de residuos sólidos y de materiales reciclables, sino también el transporte de estos materiales, después de la recogida, al lugar donde se vacía el vehículo de recogida. Este lugar puede ser una instalación de procesamiento de materiales, una estación de transferencia o un vertedero (Tchobanoglous, 1998).

1.3.4 Separación, Procesamiento y Transformación de Residuos Sólidos.

La recuperación de materiales separados, la separación y el procesamiento de los componentes de los residuos sólidos, que se produce principalmente en localizaciones fuera de las fuentes de generación de residuos, estarán englobados en este elemento funcional. Los tipos de medio e instalaciones utilizados en la

actualidad para la recuperación de materiales residuales que han sido separados en el origen incluyen la recogida en la acera, los centros de recogida selectiva y los centros de recompra. La separación y el procesamiento de residuos que han sido separados en el origen y la separación de residuos no seleccionados normalmente tiene lugar en las instalaciones de recuperación de materiales, estaciones de transferencia, instalaciones de incineración y lugares de evacuación. El procesamiento frecuentemente incluye: la separación de objetos voluminosos; la separación de los componentes de los residuos, por tamaño, utilizando cribas; la separación manual de los componentes de los residuos; la reducción del tamaño, mediante trituración, la separación de metales féreos, utilizando imanes; la reducción del volumen por compactación, y la incineración (Tchobanoglous, 1998).

Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos que han de evacuarse, y para recuperar productos de conversión y energía. La fracción inorgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU) puede ser transformada mediante una gran variedad de procesos químicos y biológicos. El proceso de transformación química más frecuentemente utilizado es la incineración, que se usa conjuntamente con la recuperación de energía, en forma de calor. El proceso de transformación biológica más comúnmente utilizado es el compostaje aerobio. La selección de una serie dada de procesos dependerá de los objetivos buscados en la gestión de residuos (Tchobanoglous, 1998).

1.3.5 Transferencia y Transporte.

El elemento funcional transferencia y transporte comprende dos pasos: 1) la transferencia de residuos desde un vehículo de recogida pequeño hasta un equipo de transporte más grande, y 2) el transporte subsiguiente de los residuos, normalmente a través de grandes distancias, a un lugar de procesamiento o evacuación. La transferencia normalmente tiene lugar en las estaciones de transferencia. Aunque el transporte mediante vehículo motorizado es el más común, también se usa para el transporte de los residuos los vagones de ferrocarril y las barcazas (Tchobanoglous, 1998).

1.4 Orígenes y Tipos de Residuos Sólidos Urbanos.

El conocimiento de los orígenes y los tipos de residuos sólidos, así como los datos sobre la composición y las tasas de generación, es básico para el diseño y la operación de los elementos funcionales asociados con la gestión de residuos sólidos. Por esa razón es importante conocer acerca de los residuos sólidos como sea posible.

1.4.1 Orígenes de los Residuos Sólidos.

Los orígenes de los residuos sólidos en una comunidad están, en general, relacionados con el uso del suelo y su localización. Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes, las siguientes categorías son útiles: 1) doméstico, 2) comercial, 3) institucional, 4) construcción y demolición, 5) servicios municipales, 6) zonas de plantas de tratamiento, 7) industria, y 8) agrícola. Las instalaciones, actividades y localizaciones típicas para la generación de residuos asociadas a cada uno de estos orígenes son expuestas en el cuadro 1.1, donde los residuos sólidos urbanos (RSU) normalmente se supone que incluyen a todos los residuos de la comunidad con la excepción de los residuos de procesos industriales y de los residuos agrícolas. (Tchobanoglous, 1998).

1.4.2 Tipos de Residuos Sólidos.

La definición de los diferentes tipos de residuos sólidos que se generan varían sustancialmente según la literatura de referencia. Las definiciones siguientes se intenta que sirvan como una guía y no que sean precisas en un sentido científico.

a) Doméstico y Comercial.

Los residuos sólidos domésticos, excluyendo los residuos especiales y peligrosos, consisten en residuos sólidos orgánicos (combustibles) e inorgánicos (incombustibles) de zonas residenciales y de establecimientos comerciales. Típicamente la fracción orgánica de los residuos sólidos domésticos y comerciales está formada por materiales como residuos de comida, papel de todo tipo, cartón,

plásticos de todos los tipos, textiles, goma, cuero, madera y residuos de jardín. La fracción inorgánica está formada por artículos como vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales féreos, suciedad. Si los componentes de los residuos no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de estos residuos se conoce como *RSU domésticos y comerciales no seleccionados* (Tchobanoglous, 1998).

Cuadro 1.1 Fuentes de Residuos Sólidos en la Comunidad.

FUENTE	INSTALACIONES, ACTIVIDADES O LOCALIZACIONES DONDE SE GENERAN	TIPOS DE RESIDUOS SÓLIDOS
Doméstica	Viviendas aisladas y bloques de baja, mediana y elevada altura, etc. Unifamiliares y multifamiliares.	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales, cenizas, hojas en las calles, residuos especiales.
Comercial	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, imprentas, talleres mecánicos, etc.	Papel, cartón, plásticos, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales, residuos peligrosos, etc.
Institucional	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales, etc.	(Como en Comercial)
Construcción y demolición	Lugares nuevos de construcción, lugares de reparación/renovación, derribos de edificios, pavimentos rotos.	Madera, acero, hormigón, suciedad, etc.
Servicios municipales (excluyendo planta de tratamiento)	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques y playas, otras zonas de recreo.	Residuos especiales, barreduras de las calles, recortes de árboles y plantas, residuos de cuencas, residuos generales de parques, playas y zonas de recreo.
Plantas de tratamiento; incineradores municipales	Agua, aguas residuales y procesos de tratamiento industrial, etc.	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principalmente de fangos.
Industrial	Construcción, fabricación ligera y pesada, refinerías, plantas químicas, centrales térmicas, demolición, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, etc. Residuos no industriales incluyendo residuos de comida, basura, cenizas, residuos de demolición y construcción, residuos especiales, residuos peligrosos.
Agrícolas	Cosechas de campo, árboles frutales, ganadería intensiva, granjas, etc.	residuos de comida, residuos agrícolas, basura, residuos peligrosos.

Fuente. Gestión Integral de Residuos Sólidos Volumen I, Tchobanoglous, 1998.

Los residuos que se descomponen rápidamente, especialmente en un clima templado, también se conocen como residuos putrefactibles. La fuente principal de residuos putrefactibles es la manipulación, la preparación, la cocción y la ingestión

de comida. Frecuentemente, la descomposición conducirá al desarrollo de olores molestos y a la reproducción de moscas. En muchas localizaciones, la naturaleza putrefactible de estos residuos influirá en el diseño y en la operación del sistema de recogida de residuos sólidos (Tchobanoglous, 1998).

Aunque existen más de 40 clasificaciones para el papel, el papel residual encontrado en los RSU está típicamente compuesto de periódicos, libros y revistas, impresos comerciales, papel de oficina, cartón, embalajes de papel, otros papeles no destinados al embalaje, pañuelos y toallas de papel, y cartón ondulado (Tchobanoglous, 1998).

Los materiales plásticos encontrados en los RSU se sitúan dentro de las 7 categorías siguientes:

- Polietileno tereftalato (PT/1).
- Polietileno alta densidad (PE-HD/2)
- Policloruro de vinilo (PVC/3)
- Polietileno baja densidad (PE-ID/4)
- Polipropileno (PP/5)
- Poliestireno (PS/6)
- Otros materiales plásticos laminados (7).

El tipo de recipiente plástico puede identificarse por el número de código (de 1 a 7, ambos incluidos) moldeado al fondo del recipiente. *Plástico mezclado* es el término utilizado para la mezcla de tipos individuales de plásticos encontrados en los RSU (Tchobanoglous, 1998).

Los residuos especiales de origen doméstico y comercial incluyen artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, productos de línea blanca, residuos de jardín que son recogidos por separado, baterías, aceite y neumáticos. Estos residuos normalmente se manipulan separadamente de los otros residuos domésticos y comerciales (Tchobanoglous, 1998).

Artículos voluminosos son artículos domésticos comerciales e industriales grandes, gastados o rotos, tales como muebles, lámpara, librerías, gabinetes de archivos, y otros artículos similares. *Electrodomésticos de consumo* incluye artículos gastados o rotos ya no queridos, tales como radios, estéreos y televisores. *Productos de línea blanca* son grandes electrodomésticos domésticos, comerciales o industriales, gastados o rotos, tales como cocinas, frigoríficos, lavavajillas, lavadoras y secadoras. Cuando se recogen separadamente, los productos de línea blanca normalmente se desmontan para la recuperación de materiales específicos (por ejemplo cobre, aluminio, etc.) (Tchobanoglous, 1998).

Las principales fuentes de pilas y baterías son las viviendas y las instalaciones para la revisión de automóviles y otros vehículos. Las pilas domésticas vienen en una gran variedad de tipos, incluyendo alcalinas, de mercurio, plata, cinc, níquel, y cadmio. Los metales que se encuentran en las pilas domésticas pueden causar la contaminación de las aguas subterráneas por su presencia en el lixiviado; también pueden contaminar las emisiones aéreas y las cenizas de instalaciones de incineración de residuos (Tchobanoglous, 1998).

La principal fuente de aceites usados es la revisión de los automóviles y otros vehículos por parte de sus dueños. El aceite residual, no recogido para el reciclaje, a menudo es tirado en el suelo; por alcantarillas sanitarias o al cubo de la basura. El aceite residual vertido en el suelo o en las alcantarillas urbanas frecuentemente contamina las aguas superficiales y subterráneas, así como el suelo. El aceite residual puesto en el mismo contenedor junto con otros componentes de los residuos sólidos tiende a contaminar a los componentes de los residuos y, por lo tanto, a reducir su valor como materiales para el reciclaje (Tchobanoglous, 1998).

El almacenamiento de neumáticos también provoca grandes problemas estéticos y ambientales. Grandes incendios, y difíciles de extinguir, han tenido lugar en algunas pilas de almacenamiento. Además, los neumáticos almacenados en

pilas configuran un lugar de reproducción perfecto para los mosquitos (Tchobanoglous,1998).

b) Institucionales.

Las fuentes institucionales de residuos sólidos incluyen centros gubernamentales, escuelas, cárceles y hospitales. Excluyendo a los residuos de fabricación de las cárceles y los residuos sanitarios de los hospitales, los residuos sólidos generados en estas instalaciones son muy similares a los RSU no seleccionados. En la mayoría de los hospitales, los residuos sanitarios son manipulados y procesados separadamente de otros residuos sólidos (Tchobanoglous,1998).

c) Construcción y Demolición.

Los residuos de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras, son clasificados como *residuos de construcción*. Las cantidades generadas son difíciles de estimar. La composición es variable, pero puede incluir suciedad; piedra; hormigón; ladrillos; escayola; maderas; grava, piezas de fontanería, calefacción y electricidad. Los residuos de los edificios demolidos, calles levantadas, aceras, puentes y otras estructuras, son clasificados como *residuos de demolición*. La composición de los residuos de demolición es similar a la de los residuos de la construcción, pero pueden incluir vidrios rotos, plásticos y acero de reforzamiento (Tchobanoglous,1998).

d) Servicios Municipales.

Otros residuos de la comunidad, que se derivan de la operación y del mantenimiento de las instalaciones municipales y de la provisión de otros servicios municipales, incluyen barraduras de las calles, basuras en las calles, residuos de los cubos de basura municipales, recortes del servicio de jardín, residuos de sumideros, animales muertos y vehículos abandonados. Como es imposible predecir dónde se van a encontrar los animales muertos y los automóviles

abandonados, estos residuos frecuentemente son identificados como de origen difuso no especificado (Tchobanoglous, 1998).

e) Residuos de Plantas de Tratamiento y Otros Residuos.

Los materiales restantes de la incineración de madera, carbón, coque y otros residuos combustibles son caracterizados como cenizas y rechazos (los residuos de plantas de energía normalmente no se incluyen en esta categoría porque son manipulados y procesados separadamente). Estos rechazos normalmente están compuestos por materiales finos y pulvulentos, cenizas, escorias de hulla y pequeñas cantidades de los materiales quemados y parcialmente quemados. El vidrio, la cerámica y varios metales también se pueden encontrar en los rechazos de las incineradoras municipales. (Tchobanoglous, 1998).

f) Residuos Agrícolas.

Los residuos y rechazos que se obtienen de diversas actividades agrícolas tales como plantar y cosechar cultivos en hilera, de campo, de árbol y de vid; la producción de leche; la crianza de animales para el matadero, y la operación de ganadería intensiva colectivamente se llama *residuos agrícolas*. De momento la evacuación de estos residuos no es responsabilidad de la mayoría de las agencias de gestión de residuos sólidos municipales. Sin embargo, en muchas zonas la evacuación del estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, especialmente en la ganadería intensiva y centros lecheros. (Tchobanoglous, 1998).

1.5 Transformaciones Físicas, Químicas y Biológicas de los Residuos Sólidos.

Las transformaciones pueden producirse por la intervención del hombre o por fenómenos naturales. Los residuos sólidos pueden transformarse por medio físicos, químicos y biológicos (Tchobanoglous, 1998).

1.5.1 Transformaciones Físicas.

Las principales transformaciones físicas que pueden producirse en la operación de sistemas de gestión de residuos sólidos incluyen: 1) separación de componentes, 2) reducción mecánica de volumen, y 3) reducción mecánica de tamaño.

Las transformaciones físicas no implican un cambio de fase (por ejemplo, sólido a gas), al contrario que los procesos de transformaciones químicas y biológicos (Tchobanoglous, 1998).

a) Separación de Componentes.

Separación de componentes es el término utilizado para describir el proceso de separación, por medio manuales y/o mecánicos, de los componentes identificables de los RSU no seleccionados. La separación de componentes se utiliza para transformar los residuos heterogéneos en un número de componentes más o menos homogéneos. La separación de componentes es una operación necesaria; en la recuperación de materiales reutilizables y reciclables de los RSU, en la separación de contaminantes de materiales ya separados - para mejorar las especificaciones del material separado -, en la separación de residuos peligrosos de los RSU, y cuando los productos de conversión y de energía sean recuperados de los residuos procesados (Tchobanoglous, 1998).

b) Reducción Mecánica de Volumen.

Reducción de volumen (a veces conocido como densificación) es el término utilizado para describir el proceso mediante el cual se reduce el volumen inicial ocupado por un residuo, normalmente mediante la aplicación de una fuerza o presión. En la mayoría de las ciudades, los vehículos utilizados para la recogida de residuos sólidos están equipados con mecanismos de compactación para incrementar la cantidad de residuos recogido por viaje. Papel, cartón, latas de aluminio y hojalata, y plásticos, separados de los RSU para el reciclaje, se embalan para reducir gastos de almacenamiento y manipulación, y gastos de transporte

hasta los centros de procesamiento. Recientemente se han desarrollado sistemas de compactación a alta presión para producir materiales aptos para diversas alternativas, por ejemplo, la producción de troncos para chimeneas a partir de papel y cartón. Para incrementar la vida útil de los vertederos, los residuos normalmente se compactan antes de su cubrición (Tchobanoglous, 1998).

c) Reducción de Tamaño Mecánica.

Reducción de tamaño es el término que se aplica a los procesos de transformación utilizados para reducir el tamaño de los materiales residuales. El propósito de la reducción de tamaño es obtener un producto final que sea razonablemente uniforme y considerablemente reducido en tamaño en comparación con su forma original. Hay que destacar que la reducción de tamaño no implica necesariamente la reducción de volumen. En algunos ocasiones, el volumen total de un material después de la reducción de tamaño puede ser mayor que el volumen original (por ejemplo, la trituración de papel de oficina). En la práctica, se utilizan los términos desfibrar, triturar, moler para describir las operaciones mecánicas de reducción de tamaño (Tchobanoglous, 1998).

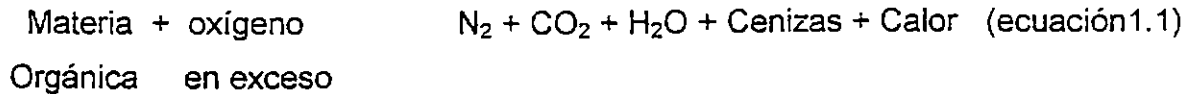
1.5.2 Transformaciones Químicas.

Las transformaciones químicas de los residuos sólidos normalmente implican un cambio de fase (por ejemplo, sólido a líquido, sólido a gas, etc.). Para reducir el volumen y/o recuperar productos de conversión, los procesos utilizados principalmente para transformar los RSU son: 1) combustión (oxidación química), 2) pirólisis, y 3) gasificación. Estos tres procesos a menudo se clasifican como procesos térmicos (Tchobanoglous, 1998).

a) Combustión (Oxidación Química).

Combustión se define como la reacción química del oxígeno con materias orgánicas para producir compuestos oxidados, acompañados por emisión de luz y una rápida generación de calor. En presencia de oxígeno en exceso y bajo

condiciones idóneas, la combustión de la fracción orgánica de los RSU puede representarse a través de la siguiente ecuación 1.1.



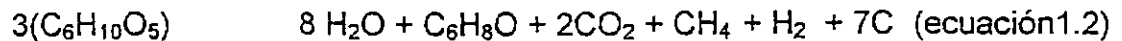
Se utiliza el oxígeno en exceso para asegurar la combustión total. Los productos finales derivados de la combustión de los RSU, ecuación (1.1), incluyen gases calientes de combustión - compuestos principalmente de nitrógeno (N_2), dióxido de carbono (CO_2), agua (H_2O , gases de chimenea) y oxígeno (O_2) - y residuo no combustible. En la práctica también estarán presentes, según la naturaleza de los materiales residuales, pequeñas cantidades de amoníaco (NH_3), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x), y otros gases (Tchobanoglous, 1998).

b) Pirólisis.

Como la mayoría de las sustancias orgánicas son térmicamente inestables pueden romperse en fracciones gaseosas, líquidas y sólidas, mediante una combinación de cracking térmico y reacciones de condensación en un ambiente libre de oxígeno. *Pirólisis* es el término utilizado para describir este proceso. En contraste con el proceso de combustión, que es altamente exotérmico, el proceso pirolítico es altamente endotérmico. Por esta razón, a menudo se utiliza el término *destilación destructiva* como alternativo a pirólisis (Tchobanoglous, 1998).

Los rasgos característicos de las tres fracciones de componentes más importantes que resultan de la pirólisis de la porción orgánica de los RSU son: 1) el flujo de gas que contiene principalmente hidrógeno (H_2), metano (CH_4), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), y diversos gases, según las características del material orgánico que se piroliza; 2) el flujo de alquitrán y/o aceite que es líquido a temperatura ambiente y contiene sustancias químicas tales como ácidos acético, acetona y metanol, y 3) la carbonilla, que está compuesta de carbono casi puro más cualesquiera de los materiales inertes que han entrado en el

proceso. Para la celulosa ($C_6H_{10}O_5$), la expresión siguiente se ha sugerido como representativa de la reacción de pirólisis:



En la ecuación (1.2), los componentes líquidos de alquitrán y/o aceite que se obtienen normalmente están representados por la expresión C_6H_8O (Tchobanoglous, 1998).

c) Gasificación.

El proceso de gasificación implica la combustión parcial de un combustible carbonoso para generar un gas combustible rico en monóxido de carbono, hidrógeno y algunos hidrocarburos saturados, principalmente metano. El gas combustible entonces se puede quemar en una caldera o en un motor de combustión interna. Cuando el gasificador se opera a presión atmosférica, con el aire como oxidante, los productos finales del proceso de gasificación son: 1) un gas de bajo poder calorífico, que normalmente contiene dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H_2), metano (CH_4), y nitrógeno (N_2); 2) Carbonilla, que contiene carbono y los inertes originarios del combustible, y 3) líquidos condensables similares al aceite pirolítico (Tchobanoglous, 1998).

1.5.3 Transformaciones Biológicas.

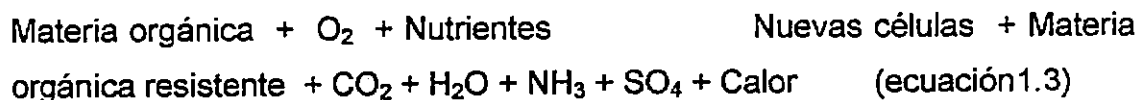
Las transformaciones biológicas de la fracción orgánica de los RSU se pueden utilizar para reducir el volumen y el peso del material; para producir compost, una materia similar al humus que se puede utilizar como acondicionar del suelo, y para producir metano. Los principales organismos implicados en las transformaciones biológicas de residuos orgánicos son bacterias, hongos, levadura y actinomicetos. Estas transformaciones pueden realizarse *arobiamente* o *anerobiamente*, según la disponibilidad de oxígeno. Las principales diferencias entre las reacciones de conversión aerobias y anaerobias están en la naturaleza de los productos finales, y en el hecho de que sea necesario suministrar oxígeno para

realizar la conversión aerobia. Los procesos biológicos que se han utilizado para la conversión de la fracción orgánica de los RSU son: el compostaje aerobio, la digestión anaerobia y la digestión anaerobia de sólidos en alta concentración.

a) Compostaje Aerobio.

Si se abandona, la fracción orgánica de los RSU sufrirá descomposición biológica. La extensión y el período de tiempo necesario para que se produzca la descomposición dependerán de la naturaleza del residuo, del contenido de humedad, de los nutrientes disponibles, y de otros factores ambientales. Bajo condiciones controladas, los residuos de jardín y la fracción orgánica de los RSU se pueden convertir en un residuo orgánico estable conocido como *compost*, en un período de tiempo razonablemente corto (cuatro a seis semanas).

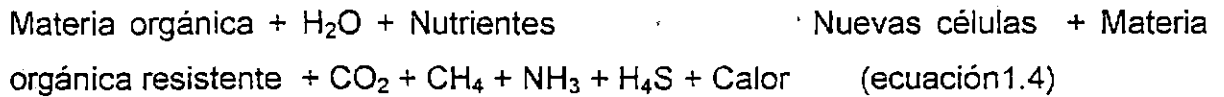
El compostaje de la fracción orgánica de los RSU en condiciones aerobias se puede representar por la siguiente ecuación:



En la ecuación (1.3), los principales productos finales son: nuevas células, materia orgánica resistente, dióxido de carbono, agua, amoníaco y sulfato. El *compost* es materia orgánica resistente que permanece. La materia orgánica resistente normalmente contiene un alto porcentaje de lignina, que es difícil de convertir biológicamente en un período de tiempo relativamente corto. La lignina, que se encuentra principalmente en el papel de periódico, es el polímero orgánico que une las fibras celulosas en los árboles y algunas plantas (Tchobanoglous, 1998).

b) Digestión Anaerobia.

La porción biodegradable de la fracción orgánica de los RSU se puede convertir biológicamente bajo condiciones anaerobias en un gas que contiene dióxido de carbono y metano (CH₄). Esta conversión se puede representar con la siguiente ecuación:



De esta forma, los principales productos finales son: dióxido de carbono, metano, amoníaco, sulfuro de hidrógeno y materia orgánica resistente. En la mayoría de los procesos de conversión anaerobios el dióxido de carbono y el metano constituyen más del 99 por 100 del gas total producido. La materia orgánica resistente (o lodos digeridos) debe ser deshidratada antes de evacuarse mediante su extensión en el suelo o mediante vertido. Los lodos deshidratados a menudo son compostados aerobiamente para estabilizarlos más, antes de su aplicación (Tchobanoglous, 1998).

1.6 Medidas Utilizadas para Cuantificar los Residuos Sólidos.

La razón principal para medir las cantidades de residuos sólidos generadas, separadas para el reciclaje, y recolectadas para su procesamiento adicional o para su evacuación, es obtener datos que se puedan utilizar para desarrollar e implantar programas efectivos de gestión de residuos sólidos. A continuación se definen las medidas y unidades utilizadas para cuantificar las cantidades de residuos sólidos (Tchobanoglous, 1998).

1.6.1 Medidas de Volumen y Peso.

Se utilizan ambas, volumen y peso, para medir las cantidades de residuos sólidos. Desafortunadamente, el uso de volumen como medida de cuantificación puede confundir. Por ejemplo, un metro cúbico de residuos sueltos es una cantidad de residuos distinta a un metro cúbico de residuos que han sido compactados en un vehículo de recolección, y cada uno de estos es distinto de un metro cúbico de residuos que han sido adicionalmente compactados en un vertedero. De acuerdo con esto, si se van a utilizar las medidas de volumen, los volúmenes medidos deben estar relacionados con el grado de compactación de los residuos o con el peso específico de los residuos bajo sus condiciones de almacenamiento (Tchobanoglous, 1998).

Para evitar confusiones, las cantidades de residuos sólidos se deberían expresar en términos de peso. El peso es la única base exacta para los registros de datos, ya que los tonelajes se pueden medir directamente, independientemente del grado de compactación. Los datos de peso también son necesarios para el transporte de residuos sólidos, porque la cantidad que se puede transportar normalmente está condicionada por límites de peso en carretera, más que por volumen. Por otra parte, el volumen y el peso son de igual importancia respecto a la capacidad de los vertederos (Tchobanoglous, 1998).

1.6.2 Expresiones para las Tasas de Generación de Residuos Sólidos por Unidad.

Además de conocer los orígenes y la composición de los residuos sólidos que hay que gestionar, es igual de importante poder desarrollar formas para expresar las cantidades generadas. Se presentan en el cuadro 1.2, sugerencias acerca de las unidades de expresión para las distintas fuentes de generación. Hay que resaltar, sin embargo, que los datos de generación por unidad para las actividades comerciales e industriales son algo limitados. Consecuentemente, ha sido oportuno en muchos casos utilizar las mismas unidades para estas actividades que aquellas empleadas para los residuos domésticos, frente a unidades más racionales citadas en el cuadro 1.2 (Tchobanoglous, 1998).

1.7 Factores que Afectan la Generación de Residuos Sólidos.

En el siguiente apartado se trata el efecto de:

- 1) la reducción en origen y las actividades de reciclaje
- 2) las actitudes públicas y la legislación
- 3) los factores físicos y geográficos en la generación de residuos sólidos.

Cuadro 1.2 Sugerencia acerca de la Unidades de Expresión para las Cantidades de Residuos Sólidos.

TIPO DE RESIDUO	COMENTARIO
Doméstico	Por la estabilidad relativa de la producción de residuos domésticos es una determinada localización, la unidad de expresión más común utilizada para sus tasas de generación es kg/hab.d.
Comercial	En el pasado, las tasas de generación de residuos comerciales se expresaban en kg/hab.d. Aunque se ha continuado esta práctica, proporciona poca información útil sobre la naturaleza de la generación de residuos sólidos en las fuentes comerciales. Una aproximación más significativa consistiría en relacionar las cantidades generadas con el número de clientes, el valor en dólares de las ventas o alguna unidad similar. El uso de tales factores permitiría establecer comparaciones a lo largo del país.
Industrial	Idealmente, los residuos generados por las actividades industriales deberían expresarse en base a alguna medida repetitiva de producción, tal como kilogramo por automóvil para una planta de montaje de automóviles o kilogramos por paquete para una planta de empaquetamiento. Cuando se desarrollen tales datos, serán posible establecer comparaciones entre actividades industriales similares a lo largo del país.
Agrícola	Cuando se han elaborado archivos adecuados, los residuos sólidos procedentes de actividades agrícolas, frecuentemente, se han expresado en términos de alguna medida repetitiva de producción, tales como kg de estiércol/peso de res.d y kg de residuo/t de producto bruto. Actualmente, existen datos sobre las cantidades de residuos generadas en algunas actividades agrícolas asociadas a un determinado tipo de cultivo.

Fuente. Gestión Integral de Residuos Sólidos Volumen I , Tchobanoglous, 1998.

1.7.1 Efecto de la Reducción en Origen y de las Actividades de Reciclaje Sobre la Generación de Residuos Sólidos.

a) *Reducción en Origen.* La reducción de residuos pueden realizarse a través del diseño, fabricación y embalaje de productos con un contenido tóxico mínimo, volumen mínimo de material, y/o una vida útil más larga. La reducción de residuos

también puede realizarse en la casa o en instalaciones comerciales e industriales mediante formas de compra selectivas y reutilización de productos y materiales. Como la reducción en origen no es actualmente un elemento en la reducción de residuos, es difícil estimar el impacto real que han tenido (o tendrán) los programas de reducción en origen sobre la cantidad total de residuos generados. No obstante, la reducción en origen probablemente llegará a ser en el futuro un factor importante en la reducción de la cantidad de residuos generados. Por ejemplo, si la tarifa de correo se incrementase significativamente, entonces la cantidad de correo publicitario y el papel asociado se reduciría drásticamente (Tchobanoglous, 1998).

A continuación se indican otras formas de lograr la reducción en origen:

- Disminuir el embalaje innecesario o excesivo.
- Desarrollar y utilizar productos más duraderos y más fáciles de arreglar.
- Sustituir los productos de un solo uso por productos reutilizables (por ejemplo, platos y cubiertos reutilizables, recipientes rellenables de bebidas, pañales y toallas de tela).
- Utilizar menos recursos (por ejemplo, copias de dos caras).
- Incrementar en los productos el contenido de materiales reciclados.
- Desarrollar sistemas de tasas que incentiven a los generadores a producir menos residuos.

b) Extensión del Reciclaje. La existencia de programas de reciclaje dentro de una comunidad afecta definitivamente a las cantidades de residuos recolectados para su procesamiento adicional o evacuación. Si estas operaciones afectan o no a las cantidades de residuos generadas es otra cuestión (Tchobanoglous, 1998).

1.7.2 Efecto de las Actitudes Públicas y la Legislación sobre la Generación de Residuos Sólidos.

a) Actitudes Públicas. Ultimamente, se producen reducciones importantes en las cantidades generadas de residuos sólidos cuando la gente está dispuesta a cambiar por su propia voluntad sus hábitos y estilos de vida para conservar los recursos

naturales y para reducir las cargas económicas asociadas a la gestión de residuos sólidos. Un programa continuo de educación es esencial para conseguir un cambio en las actitudes públicas (Tchobanoglous, 1998).

b) Legislación. Quizás el factor más importante que influye en la generación de residuos es la existencia de normativa locales, estatales y nacionales que tratan del uso específico de materiales, sanciones y posibles prevenciones (Tchobanoglous, 1998).

1.7.3 Efecto de los Factores Físicos y Geográficos sobre la Generación de Residuos Sólidos.

a) Localización Geográfica. La localización geográfica y los distintos climas pueden influir sobre las cantidades de algunos tipos de residuos sólidos generados y el período de tiempo en que éstos son generados. Por ejemplo, están relacionados con el clima las variaciones sustanciales en las cantidades de residuos de jardín generados en distintas partes del país. O sea, en zonas más cálidas, donde la temporada de cultivo es considerablemente más larga, los residuos de jardín se recolectan no solamente en cantidades mucho más grandes, sino también durante un período más largo (Tchobanoglous, 1998).

b) Época del Año. Las cantidades de algunos tipos de residuos sólidos también están afectadas por la época del año. Por ejemplo, las cantidades de residuos de comida relacionadas con la época de cultivo de vegetales (Tchobanoglous, 1998).

c) Frecuencia de Recolección. En general, donde hay un servicio ilimitado de recolección, se recolectan más residuos. Esta observación no se debería utilizar para inferir que se generan más residuos. Por ejemplo, si un propietario de una casa sólo tiene uno o dos contenedores a la semana, él o ella pueden, por capacidad limitada de contenedor, almacenar periódicos u otros materiales. Sin embargo, con un servicio ilimitado el propietario de la casa tendería a tirarlos. En esta situación las cantidades de residuos generados son iguales, pero las

cantidades recolectadas son considerablemente diferentes. Por lo tanto, la cuestión fundamental acerca de la influencia que tiene la frecuencia de recolección sobre la generación de residuos queda sin contestar (Tchobanoglous, 1998).

d) Características del Área de Servicio. Las peculiaridades del área de servicio pueden influir en la cantidad de residuos generados. Por ejemplo, las cantidades de residuos de jardín generados per cápita son considerablemente mayores en muchos de los barrios más ricos que en otras partes de la ciudad. Otros factores que afectarán a la cantidad de residuos de jardín incluyen el tamaño del terreno, la cantidad de vegetación y la frecuencia de mantenimiento (Tchobanoglous, 1998).

1.8 Riesgos Generados por los Residuos Sólidos.

Existen algunos residuos que de por sí están contaminados con patógenos o contienen sustancias peligrosas. Tal es el caso de los residuos contenidos en los pañales, residuos de hospitales y clínicas, que permiten la presencia de bacterias patógenas que, probablemente, migran al aire y pueden causar infecciones a los propios trabajadores. Es conocido, que el número de bacterias por gramo de residuo municipal va de $10E3$ a $10E9$, mientras que el número de coliformes va de $10E4$ a $10E5$. A pesar de no haber informes que establezcan la infestación por dichas bacterias en los operarios del servicio de aseo, se considera que la posibilidad de adquirir una infección es muy alta por los niveles tan precarios de educación sanitaria que se les imparte para el manejo adecuado de los residuos y el bajo cumplimiento de las normas de seguridad ocupacional. Del mismo modo, otros residuos de naturaleza no peligrosa, pueden convertirse en tales por la mezcla con otros que si lo son, durante el almacenamiento o transporte. Los residuos municipales contienen materiales peligrosos tales como vidrios rotos, metales, jeringas, hojas de afeitar, etc. que pueden causar lesiones a los trabajadores (Tchobanoglous, 1998).

Existen otros riesgos relacionados con el manejo de residuos. Por ejemplo, el servicio de recolección manual de basura es considerado una de las labores más pesadas, ya que realiza un movimiento, levantado objetos pesados, condiciones

que tornan ésta labor muy riesgosa y determinan que la morbilidad y ocurrencias de accidentes pueden llegar a ser alta. Las condiciones anteriores se tornan más críticas sí las jornadas de trabajo son largas y sí, adicionalmente, no se aplican medidas preventivas o no se usan los elementos de protección necesarios. Además, pueden aparecer malestares en la espalda cuando se manipulan incorrectamente grandes cantidades de residuos y los trabajadores no han sido suficientemente adiestrados sobre prácticas de seguridad ocupacional (Tchobanoglous, 1998).

Desde el punto de vista de la seguridad, los vehículos de recolección no siempre ofrecen las mejores condiciones: en muchos casos, los operarios de la recolección deben realizar sus actividades en presencia continua de gases y partículas emanadas por los propios equipos, lo que determina problemas de irritación en los ojos y afecciones respiratorias; por otra parte, estas personas están expuestas a mayores riesgos de accidentes de tránsito, magullones, etc. (Tchobanoglous, 1998).

Para describir los riesgos a la salud, se puede considerar la población dividida en tres grupos:

- a) *Personal vinculado a la prestación de los servicios de aseo*: estas personas se encuentran expuestas a riesgos generados por los propios residuos y a algunos de los otros ya mencionados. Mas aún, si se tienen en cuenta que la mayor parte de los procesos de recolección, almacenamiento y disposición se hacen en forma manual.
- b) *Personas dedicadas al reciclaje*: las personas que seleccionan materiales contenidos en los residuos están expuestas a los mismos riesgos mencionados arriba.
- c) *Resto de la población*: los sitios de disposición final se ubican lejos de las viviendas, sin embargo con el tiempo se encuentran grupos de población habitando en dichos sitios y en sus alrededores. Por no operarse en forma técnica en la mayoría de los casos, se presentan olores, generación de polvo, dispersión de plásticos y papeles en los alrededores, contaminación de agua, y deterioro general del entorno. Por otra parte, el fuego producido por auto-ignición en ciertos tipos de residuos o producidos intencionalmente para disminuir el

volumen, genera humo en forma continua causando contaminación atmosférica y generación de olores molestos para la comunidad (Tchobanoglous;1998).

El manejo incorrecto de los sitios de disposición final también genera la presencia de moscas, cucarachas, ratas y animales domésticos que se comportan como vectores hacia la comunidad aledaña (Tchobanoglous,1998).

2.0 DESEMPEÑO Y GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN EL SALVADOR.

De acuerdo al Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en El Salvador, existe la necesidad de implementar la coordinación interinstitucional de las políticas, estrategias y acciones en relación con la gestión integral de los residuos sólidos y se debe crear una instancia que asegure esta coordinación entre las instituciones que pertenecen al sector. Para mejorar la eficacia y eficiencia de la gestión local de los residuos sólidos se requiere avanzar en los esquemas participativos que involucren además del gobierno local, a la ciudadanía organizada así como las iniciativas privadas locales a través de microempresas.

2.1 Programas Nacionales en el Sector de Residuos Sólidos.

En El Salvador se ha trabajado paulatinamente en el desarrollo de políticas que van enfocadas a solucionar los problemas del medio ambiente y en especial el de recolección y disposición de los residuos sólidos. En el cuadro 2.1 se mencionan los planes de gestión elaborados por diferentes instituciones de gobierno para El Salvador.

Actualmente en El Salvador no existe un Plan Nacional para el sector de residuos sólidos como tal, que involucre a todas las entidades sectoriales. A pesar de lo desalentador de la situación en cuestiones ambientales, se han alcanzado logros tales como:

- En el país se han iniciado acciones de coordinación interinstitucionales para la gestión del sector.
- El Salvador dispone de bases legales modernas para el sector de residuos sólidos.
- Se ha iniciado la vinculación del sector privado para la prestación de servicios de aseo urbano, incluyendo la participación comunitaria a través de microempresas.

Cuadro 2.1 Planes de Gestión para el Sector de Residuos Sólidos en El Salvador.

INSTITUCION	AÑO	DESCRIPCION
OPS/OMS	1978	Se analizaron alternativas desde el punto de vista de su factibilidad técnica, costos de inversión y operación para el tratamiento y disposición final de los residuos sólidos.
AMSS	1985	Plan Maestro de residuos sólidos que planteó la creación de una Empresa Metropolitana de Aseo independiente de las administraciones municipales.
Alcaldía Municipal	1986	Código Municipal que da a los municipios la competencia para la prestación de servicios de aseo, barrido, recolección y disposición final de los residuos sólidos.
MSPAS	1988	Código de Salud con el que se ejecutan las políticas de salud y se evalúan las actividades relacionadas a esta área.
AMSS	1993	Se propuso un programa de manejo integral de residuos sólidos en 79 municipios de la República y la necesidad de un sistema de transferencia para el AMSS.
Gobierno de El Salvador	1994-1998	"Plan de Gobierno para la República de El Salvador 1994-1998" que incluye como una de sus finalidades la protección de los recursos naturales y la búsqueda del equilibrio poblacional y territorial.
Gobierno de El Salvador	1994	"Estrategia Nacional de Medio Ambiente" con el objetivo de proponer soluciones a los principales problemas ambientales ocasionados por el desarrollo.
MSPAS	1994-1999	"Plan Nacional de Salud" menciona en el diagnóstico la problemática sanitaria de los residuos sólidos en el país y enfatiza que solamente el 48% de los municipios cuentan con servicio municipal de recolección de basura y que además no se recoge aproximadamente el 50% de los residuos sólidos.
CODES/FUSADES/CEDES	1997	"El Desafío Salvadoreño: De la Paz al Desarrollo Sostenible" conocido como "Libro Verde" que plantea la degradación ambiental debido al mal manejo de los desechos sólidos."
MARN	1998	"Ley del Medio Ambiente" que contiene las disposiciones de la Constitución con la protección del Medio Ambiente.

2.2 Organización del Sector de Residuos Sólidos.

El sector que se dedica al estudio de los problemas ambientales y comparten responsabilidades se divide en: Instituciones del Gobierno, organismos no gubernamentales, sector privado, universidades, así como organismos internacionales. Todos tienen los mismos objetivos pero por lo general trabajan separadamente en la elaboración e implementación de proyectos. El cuadro 2.2 muestra entidades dedicadas al estudio y ejecución de proyectos ambientalistas en El Salvador.

Cuadro 2.2 Entidades Dedicadas al Estudio y Ejecución de Proyectos Ambientalistas.

INSTITUCIONES DEL GOBIERNO	SECTOR PRIVADO	ORGANISMOS NO GUBERNAMENTALES (ONGs)	UNIVERSIDADES	ORGANISMOS INTERNACIONALES
Ministerio de Salud y Asistencia Social (MSPAS)	REPACESA	Comité Coordinador de Desarrollo de Oriente	Universidad de El Salvador (UES)	Organización Panamericana de la Salud (OPS/OMS)
Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)	Licorería Liza	Asociación de Uniones para la Defensa del Medio Ambiente (ASUMA)	Universidad Centroamérica José Simeón Cañas (UCA)	Banco Interamericana de la Salud (BID)
Corporación de Municipalidades de la República de El Salvador (COMURES)	Licorería La Central	Asociación Coordinadora de Desarrollo Integral "El Imposible (ACODI)	Universidad Tomas Alva Edison	Agencia de la República Federal para el Desarrollo Internacional (USAID)
Instituto Salvadoreño de Desarrollo Municipal (ISDEM)	Licorería ILOPANÍA	Centro Salvadoreño de Tecnología Apropiada (CESTA)	Universidad Don Bosco	Agencia Canadiense de Desarrollo (AECI)
Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	El Panda	Unión Ecológica Salvadoreña (UNES)	Universidad Pedagógica de El Salvador	Banco Mundial (BM)
Oficina de Planificación del AMSS (OPAMSS)	La Constancia	Fundación Salvadoreña de Comunicación Ambiental (FUSALCAL)	Universidad Francisco Gavidia	Fondos de la Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF)
Comité Ejecutivo Protector de los Recursos Hídricos (CEPRHI)	Centro Nacional para una Producción Mas Limpia	Fundación de Ambiente y Sociedad (FUNDAS)	Universidad Dr. José Matas Delgada	SWISS-CONTAC
FUSADES	CARTOTECNICA	Asociación Ambientalista (AMAR)	Universidad Luterana Salvadoreña	Green Peace

2.3 Análisis de la Gestión de Residuos Sólidos.

La falta de reconocimiento a nivel nacional de un sector de residuos sólidos propiamente dicho no ha permitido una adecuada gestión. El sector ha presentado un bajo nivel de prioridad real, y la formulación y financiamiento de los proyectos no se han realizado.

No hay una política definida por parte de la industria generadora de producto y envases dirigida al reciclaje de productos. Los plásticos no están codificados por su reciclaje, no hay incentivos económicos para la recuperación de productos usados y en la medida de las posibilidades de estimular la reducción o eliminación de materiales biodegradables. Por otra parte, las zonas de mayor densidad de población, donde las características topográficas, calles estrechas, hacinamientos de viviendas dificultan el acceso vehículos recolectores, presentado un grave problema de disposición de residuos en quebradas y calles.

La contaminación por residuos sólidos se ha agravado en los últimos años, dada la proliferación de botaderos ilegales, utilizados incluso por las autoridades municipales, practica que genera múltiples problemas de contaminación ambiental y de salud.

A pesar de que en el Código de Salud se establecen las regulaciones para la autorización sanitaria, para los sitios de disposición final de residuos sólidos, ella no se ha cumplido por lo que en el país es común que los residuos hospitalarios peligrosos se dispongan con los residuos municipales. En general, no existe proyectos de operación ni de rehabilitación y recuperación ambiental del sitio.

En relación con los residuos sólidos municipales, la inadecuada gestión ambiental ha sido evidente en todas las etapas del proceso, con el énfasis en el transporte que en algunos casos se hace en vehículos abiertos.

El único sitio donde se realiza la cobertura de los residuos sólidos en el relleno del AMSS, la cual se realiza tres veces por semana. Sin embargo, no se impermeabiliza el lecho del relleno y los lixiviados van hacia la quebrada cercana. No hay datos cuantitativos de los mismos. La pepena en el relleno genera basurales en las áreas aledañas.

Las entidades del nivel central, MSPAS, MARN, e ISDEM y la mayoría de las municipalidades tienen limitaciones en cuanto a la capacidad institucional para la gestión sectorial.

A nivel municipal existen limitados recursos financieros para la presentación de servicio, hay carencia de recursos materiales y baja capacidad de gestión. Hay bajos niveles de adiestramiento de personal. Esta situación afecta en especial a los municipio de menor desarrollo. Con respecto a la coordinación, existen conflictos entre municipalidades por introducción de residuos provenientes de municipios vecinos, así mismo entre entidades que regulan el servicio y las alcaldías.

A nivel institucional en las ONGs existe inestabilidad financiera y varias de ellas presentan escasez de recursos humanos calificados en residuos sólidos y tienen limitada capacidad de adiestramiento de proyectos.

La microempresas no tienen autosostenibilidad económica y requiere de desarrollo empresarial.

En El Salvador en muchos casos, la legislación relativa a la protección ambiental por problemas de residuos sólidos no se cumple. Así mismo, hay una tasa baja de aplicación de mecanismo de obligación. Los procesos de concertación son insuficientes. No se ha aplicado procesos de internalización de la responsabilidad ambiental para regulación voluntaria.

La legislación relativa a los residuos sólidos en el país es limitada y no sustenta un sector de residuos sólidos.

El MSPAS no tiene competencia en el ámbito de los residuos sólidos municipales, no obstante que al existir en el país un inadecuado manejo y disposición final de éstos, se generan riesgos a la salud. El MSPAS en forma expresa solo tiene competencia sobre los residuos peligrosos (Artículos 109 literal (d) del Código de Salud), incluyendo los hospitalarios, biológicos, infecciosos, inflamables, tóxicos, corrosivos y radioactivos.

El Convenio de Basilea y el Acuerdo sobre Movimientos Transfronterizos de Residuos Peligrosos en la Región Centroamericana, no se aplican en general en el país.

Pocos municipios cuentan con el instrumento jurídico de la Ordenanza Municipal para regular lo relativo a la gestión de los residuos sólidos. En los pocos que lo tienen, éste corresponde a copias de la de San Salvador, que fue emitida hace 10 años y necesita ser reformada y actualizada.

A pesar de que la legislación del país lo exige, actualmente no existe una coordinación adecuada entre las instituciones que tienen competencia legal en relación con los residuos sólidos, o sea las alcaldías municipales, el MARN, y el MSPAS.

Las normas y procedimientos para los Servicios de Salud relativas a los residuos sólidos, que aplica parcialmente el MSPAS, deben ser actualizadas ya que son obsoletas y datan de 1965.

En conclusión, la gestión de servicios para el sector de residuos sólidos tienen:

- Baja cobertura de recolección y baja calidad lo que propicia formación de vertederos ilegales y la insatisfacción de la población.
- Sistemas de almacenamiento en canastas metálicas propician la ruptura de las bolsas y gran cantidad de residuos dispersos después de la recolección.
- La población todavía no utiliza apropiadamente los contenedores que se convierten en microvertederos, más aun cuando no se les da servicio programado.
- Baja cobertura de barrido de calles y bajo rendimiento de las barredoras en San Salvador.
- Poca planificación de los sistemas de recolección y aseo público.
- Insuficiente recurso humano con capacidad técnica para diseñar y operar los sistemas de aseo urbano.
- Malas condiciones en la disposición final de los residuos sólidos en el AMSS.
- Los residuos sólidos domésticos se recogen y disponen mezclados con los hospitalarios peligrosos e industriales.
- No hay datos reales específicos para cada municipalidad relativos a la producción de desechos y principales características físicas de los mismos.

- No existen información estadística básica para el control de las operaciones, motivando grandes diferencias al medir el desempeño especialmente al comparar resultados con la información de pesaje de vehículos que llegan al vertedero.
- Baja y casi inexistencia capacidad de los organismos responsables para prestar asistencia técnica.
- Limitada participación formal del sector privado.
- Alta dependencia de las donaciones internacionales en equipos para atender la recolección y disposición. No hay programas de mantenimiento para proteger estas donaciones que representan una gran inversión.
- Gran cantidad de asistencia técnica recibida sin resultados positivos por falta de involucramiento de contrapartes nacionales y seguimiento.

(Análisis Sectorial de Residuos Sólidos, 1998)

2.4 Mercado de Reciclaje en El Salvador.

Dentro de los mecanismos de recuperación de residuos sólidos, el mercado de reciclaje en El Salvador es el de mayor dinamismo y el que genera ganancias, así como fuentes de trabajo. Actualmente, el mercado de reciclaje en El Salvador se divide en dos sectores:

- El mercado informal de reciclaje opera en la mayoría de los hogares y colonias de ingresos medio-alto, medio y bajo. Los que conforman este mercado son recogedores ambulantes y compradores domiciliarios, que recogen insumos reciclables de hogares que suministran papel y botellas; los empleados del tren de aseo municipal; los pepenadores en los botaderos municipales; y una amplia gama de intermediarios ubicados fuera del botadero municipal o externos, intermediarios locales, ubicados dentro del botadero; y mayoristas ubicados en la zona comercial central de la ciudad de San Salvador.
- Mercado formal de reciclaje que son aquellos empresarios o industrias que compran insumos reciclables para exportarlos o incorporarlos como materia prima a su proceso de producción industrial. Las cuatro principales empresas del mercado de reciclaje son: SEPACESA, en el caso del papel; Destilería LIZA, en

el caso del vidrio; La Constancia, en el caso de las latas de aluminio; e Industrias El Panda, en el caso del plástico (SalvaNaturaleza, 1994).

Los desechos reciclables que son comercializados por los dos sectores son: papel, plástico, vidrio y latas de aluminio (SalvaNaturaleza, 1994).

a) Mercado del Papel.

Los hogares constituyen una de las fuentes principales de suministros de papel reciclable, principalmente de papel periódico. Más del 90 por ciento del papel suministrado por hogares es papel periódico.

Los recogedores ambulantes rescatan papel mezclado directamente de los basureros de las oficinas.

El comprador particular domiciliar, es el personaje más ampliamente conocido en la ciudad. Se le llama así a aquel voceador ambulante (90% mujeres) que camina de colonia en colonia, diariamente, cantando la compra de productos reciclables, generalmente papel periódico, botes y botellas (de vidrio).

SEPACESA compra la mayoría del papel usado que se acopia localmente; Sólo una pequeña fracción del volumen de papel que maneja SEPACESA es importado (20%).

El material de mayor demanda es el papel mezclado. Alrededor del 80% del total que compra SEPACESA es de este tipo, pese a que su precio unitario es mayor que el papel periódico.

La principal industria compradora de SEPACESA es KIMBERLY-CLARK, que produce una línea diversa de productos higiénicos, (papel higiénico, papel toalla, servilletas, toallas sanitarias, pañuelos desechables y otros). En algunos de estos se utiliza hasta un 40% de papel reciclable, en combinación con pulpa virgen.

CARTOTECNICA es una de varias industrias recicladoras de papel, que emplea papel mezclado en su proceso de producción. Su demanda representa un 20% de lo que SEPACESA acumula y distribuye mensualmente.

El producto que elaboran es de tres tipos: papel kraft en dos cualidades y papel periódico, donde se usa el 100% de fibra reciclada, y papeles blancos tipo Bond, en los que se ha llegado a emplear un 50% de material reciclado.

En el mercado salvadoreño el papel presenta diferentes precios de compra dependiendo del lugar y forma de adquisición, lo que se muestra en el cuadro 2.3. Es de hacer notar que muchos de los compradores ambulantes no tiene costos por la adquisición del papel ya que es regalo en los hogares, con lo que obtienen ganancias netas con la venta a los mayoristas (SalvaNatura, 1994).

Cuadro 2.3 Precios Promedio de Compra del Papel.

ACTORES	TIPO	PRECIO UNITARIO (¢/LIBRA)	VOLUMEN MENSUAL (Libras)	MONTO MENSUAL (¢)
Comprador Domiciliar	P.P	0.15	4,500	585.00
Mayoristas Externos	P.M.	0.30	93,750	18,750.00
Intermediario Mayorista	P.P.	0.30	180,000	36,000.00

Fuente. El Mercado de Reciclaje en San Salvador. SalvaNatura.1994
P.P: Papel Periódico P.M: Papel Mezclado

b) Mercado del Vidrio.

Este mercado es el más amplio, tanto por la variedad de sus actores y productos, como por la diversidad de compradores y usos de la botella de vidrio que se comercializa informalmente.

Al igual que otros productos reciclables, el vidrio sale de los hogares y lugares de consumo en calidad de basura. Este es rescatado por el comprador domiciliar y el recogedor ambulante.

La participación de otros actores en el reciclaje del vidrio es muy variada; en su mayoría son micro y pequeños empresarios tales como: salseros, mieleros, jaraberos, hogares (para botellas de agua) y comedores populares (vasos, salsas).

Las cuatro licorerías principales que reciclan botella de vidrio son las siguientes:

Licorería LIZA	capta el 50% de su producto
Licorería de Centro América	capta el 75% de su producto
Licorería La Central	capta el 80% de su producto
Ilopania	capta el 100% de su producto

El reciclaje de la botella de aguardiente (700,000 cajas al año) es cerca del 90%, gracias a la labor eficiente de los expendios.

La comercialización de las botellas de vidrio se realiza en la mayoría de los casos en el Centro de San Salvador, por lo general, los precios de compra dependen del tamaño de la botella. En el cuadro 2.4, se muestran los costos promedios de la compra de las botellas según las categorías de vendedores (SalvaNatura, 1994).

Cuadro 2.4 Precios Promedio de Compra del Vidrio.

ACTORES	PRECIO UNITARIO (¢/LIBRA)	VOLUMEN MENSUAL (Libras)	MONTO MENSUAL (¢)
Pepenadores	0.3	500	125.00
Empleado del Tren de aseo	0.3	1,200	300.00
Comprador Domiciliar	0.5	1,500	755.00
Mayoristas Externos	1.0	15,000	15,000.00
Intermediario Mayorista	1.0	60,000	60,000.00

Fuente. El Mercado de Reciclaje en San Salvador. SalvaNatura.1994

c) El Mercado del Aluminio.

Los recogedores ambulantes ocupan el estrato más bajo de los actores en este campo; su actividad consiste en escudriñar los basureros, extraer el material,

acumularlo y comercializarlo en los depósitos o centros de distribución de La Constancia o a los Intermediarios Mayoristas.

Los depósitos de La Constancia, constituyen centros de acopio del material reciclable. Estos piden que las latas sean previamente apachadas con el fin de disminuir su volumen y facilitar su transporte. La Constancia actúa como un intermediario del reciclaje, recolectando, compactando y embalando la lata para exportarla al exterior, en donde el aluminio es convertido en nuevo producto.

En el cuadro 2.5 se indica que los empleados del tren de aseo venden un volumen mensual de 3,000 latas de aluminio a intermediario externos, el intermediario o mayorista externo acumula mensualmente un total de 90 mil latas. La empresa compradora (La Constancia) paga la libra de lata (apachada) a 1.82 colones libra. Una libra de lata equivale a 27 latas (SalvaNatura, 1994).

Cuadro 2.5 Precios Promedio de Compra del Aluminio.

ACTORES	PRECIO UNITARIO (¢/Lata)	VOLUMEN MENSUAL (Latas)	MONTO MENSUAL (¢)
Recogedor ambulante	0.05	2,250	133.00
Empleado del Tren de aseo	0.05	3,000	150.00
Pepenador	0.03	6,000	150.00
Intermediario local	0.05	1,500	720.00
Intermediario Mayoristas	0.07	23,998	1,608.00
Mayorista Externo	0.07	90,000	6,030.00

Fuente. El Mercado de Reciclaje en San Salvador. SalvaNatura.1994

d) El Mercado del Plástico.

La actividad de recolección de plástico con fines reciclables tiene una cobertura limitada en relación a otros materiales reciclables, pues abarca solamente el área metropolitana (AMSS).

El movimiento del plástico en el mercado es relativamente corto, comparado con los otros productos investigados. Los desechos plásticos salen de los hogares o de otro lugar de consumo en forma de basura. Este material es rescatado por los empleados del tren de aseo, los recogedores ambulantes y los pepenadores de los botaderos municipales. En el cuadro 2.6 se muestran los precios de compra del plástico.

La empresa El Panda es la que compra la mayor cantidad de plástico reciclable. El promedio de compra mensual es de 60 Toneladas de plástico.

El Panda compra plástico (polietileno y propileno) de alta o baja densidad. La empresa diestra a sus proveedores para reconocer estos materiales. El Panda no compra material tipo PET (botella plástico para gaseosa), (cloruro de polivinilo), ni plástico de manguera.

Una vez adquirido el material, se clasifica, se limpia, se funde y se peletiza para la venta o se utiliza en la fabricación de poliducto de diversos diámetros. El Panda suministra materia prima a otras industrias, las cuales elaboran suelas para zapatos, juguetes, huacales, cántaros, pelotas, etc. (SalvaNatura, 1994).

Cuadro 2.6 Precios Promedio de Compra del Plástico.}

ACTORES	PRECIO UNITARIO (¢/Kg.)	VOLUMEN MENSUAL (Kg.)	MONTO MENSUAL (¢)
Recogedor ambulante	1.0	643	643
Pepenador	0.04	282	124
Intermediario local	1.0	3,900	3,900

Fuente. El Mercado de Reciclaje en San Salvador. SalvaNatura.1994

3.0 GENERACION Y RECOLECCION DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

La generación de residuos sólidos es uno de los problemas que enfrenta la sociedad actual, y la Universidad de El Salvador no es la excepción ya que como institución genera residuos sólidos urbanos muy similares a los provenientes del comercio.

La gran extensión de terreno y la alta población universitaria son los factores que afectan la generación de residuos sólidos, por lo que conociendo los lugares de disposición final de residuos sólidos, los puntos de generación y el sistema de recolección actualmente utilizado se pueden determinar políticas a seguir para una minimización de residuos sólidos en el campus universitario.

3.1 Sitios de Disposición Final de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

En el campus universitario existen cinco contenedores de disposición final de residuos sólidos, los cuales han sido identificados y numerados para una mejor localización (Ver Mapa del campus universitario, Anexo A). El cuadro 3.1 muestra la identificación de los contenedores de disposición final de residuos sólidos.

Cuadro 3.1 Identificación de los Contenedores de Disposición Final de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

CONTENEDOR	IDENTIFICACION DEL CONTENEDOR
1	Contenedor de Facultad de Ingeniería y Arquitectura
2	Contenedor de Oficinas Centrales
3	Contenedor de La Placita
4	Contenedor de Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales
5	Contenedor de Deportes

En las figuras 1 a la 5 del Anexo B se muestran las fotografías de los contenedores de disposición final de los residuos sólidos en el campus universitario.

La disposición final de los residuos sólidos por Facultades se realiza según la cercanía de la Facultad al contenedor más próximo. En el cuadro 3.2 se muestra la disposición final de los residuos sólidos por Facultades en los diferentes contenedores.

Cuadro 3.2 Lugares de Disposición de los Residuos Sólidos por los Empleados de Limpieza de las Facultades.

CONTENEDOR	FACULTADES, OFICINAS
1	Fac. de Ing. Y Arq., Edificio de Filosofía
2	Fac. de Agronomía, Fac. de Química y Farmacia, Fac. de Medicina, Oficinas Centrales, Sub-Gerencia de Servicios, Planta Piloto
3	Sub-Gerencia de Servicios
4	Fac. de Jurisp., Fac. de Economía, Sub-Gerencia de Servicios
5	Fac. de Ciencias Naturales, Dpto. de Deportes, Sub-Gerencia de Servicios

La Facultad de Odontología no deposita directamente los residuos sólidos en los contenedores, sino que los ubica en una esquina del Edificio de Odontología, cerca del Edificio de Imprenta (Ver figura 6, Anexo B). En este caso, Sub-Gerencia de Servicios llega usualmente dos veces por semana a transportar los residuos sólidos al contenedor de La Placita o de Jurisprudencia y Ciencias Sociales, para el caso el que se encuentre más vacío.

Una vez los residuos sólidos se encuentran en los contenedores, el servicio de recolección de la Alcaldía Municipal de San Salvador los recoge y son enviados al Basurero Municipal ubicado en la Ciudad de Nejapa. El servicio de recolección proporcionado a la Universidad de El Salvador es tres veces por semana (lunes, miércoles y viernes), y la recolección se lleva a cabo entre 1 y 3 pm.

3.2 Puntos de Generación de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

En la Universidad de El Salvador se han identificado los siguientes puntos de generación de residuos sólidos:

- a) Cafeterías
- b) Oficinas
- c) Aulas, talleres y laboratorios
- d) Fotocopiadoras
- e) Clínicas Odontológicas
- f) Areas Verdes
- g) Otros

a) Cafeterías.

Entre los mayores puntos de generación de residuos sólidos en la Universidad de El Salvador se encuentran los cafetines y chalets. Siendo el nivel de generación de los mismos dependiente del tamaño del local y de la capacidad de venta. En el cuadro 3.3 se nombran los cafetines existentes en el campus universitario y su ubicación se muestra en el mapa del campus universitario del Anexo A.

Los residuos sólidos generados en los cafetines son recolectados directamente en el punto de origen por el camión de recolección de la Alcaldía Municipal de San Salvador. Este servicio es realizado de lunes a sábado entre 12:00 m y 2:00 pm. En el caso del Cafetín de Química y Farmacia, ellos mismos se encargan de transportar los residuos sólidos a contenedores fuera del Campus Universitario.

Entre los residuos sólidos más comunes provenientes de cafetines están: plásticos, residuos de comida, aluminio, durapax, cartón y otros.

Cuadro 3.3 Cafetines y Chalets de la Universidad de El Salvador.

CAFETINES Y CHALETS
Cafetín Central
Cafetín de ACOPUS
Cafetín de Química y Farmacia
Chalet "El Manguito"
Chalets de Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales
Chalets de Facultad de Economía

b) Oficinas.

Las oficinas se caracterizan por generar en su mayoría papel de todo tipo: Bonn, de impresión, papel carbón, periódico, etc. Los residuos provenientes de oficinas son llevados a los contenedores de disposición final del campus universitario.

c) Aulas, Talleres y Laboratorios.

Las aulas son un punto de generación de residuos sólidos ya que la cantidad de estudiantes que asisten es grande. Entre los residuos sólidos más comunes que se generan en las aulas están: papel, plástico, residuos de comida, etc. La disposición final es en los contenedores del campus universitario.

Los laboratorios generan residuos sólidos del tipo doméstico así como peligrosos. Entre los residuos sólidos domésticos se encuentran: papel, plástico, vidrio. Los residuos sólidos peligrosos más comunes en los laboratorios son: reactivo químico sólido, desechos microbiológicos, envases con reactivo químico vencidos, papel toalla (algodón o tela) impregnados de sustancias químicas, etc. Tanto los residuos sólidos domésticos como peligrosos generados por los laboratorios tienen su disposición final en los contenedores del campus universitario.

De igual forma los talleres generan residuos sólidos dependiendo del área que trabajen, así hay talleres de mecánica, carpintería y artes. En el cuadro 3.4 se

muestran los tipos de residuos sólidos que generan los diversos talleres con los que cuenta la Universidad de El Salvador.

Cuadro 3.4 Tipos de Residuos Sólidos Generados por los Talleres de la Universidad de El Salvador.

TALLER	TIPO DE RESIDUOS SOLIDOS GENERADO
Mecánica	Metales de diversos materiales como aluminio, zinc, cobre y hierro.
Carpintería	Viruta, colocho, aserrín.
Arte	Barro, cerámica, yeso y otros similares.

d) Fotocopiadoras.

Las fotocopiadoras son otro foco de generación de residuos sólidos, tanto de papel como de tintas (toner) o filtros.

En el caso del papel fotocopiado, gran parte de este llega a los contenedores, debido a la gran demanda del servicio por estudiantes, docentes y administrativos, el cual al perder su utilidad es desechado.

Las fotocopiadoras generan también otro tipo de residuos como: cartón, plástico, ya que venden otro tipo de artículos de oficinas (lapiceros, plumones, fastener, folder, correctores de tinta, disquet de computadora, etc.).

e) Clínicas Odontológicas.

La Facultad de Odontología genera residuos sólidos catalogados como infecciosos que provienen de las Clínicas Odontológicas. Entre los residuos sólidos infecciosos (RSI) que se generan podemos encontrar: guantes quirúrgicos, algodón (con alcohol, sangre, saliva, etc.), gasas, jeringas, mascarillas, placas de rayos X, dientes, amalgamas, placas de yeso, etc.

Los residuos sólidos infecciosos son recolectados en bolsas de tamaño jardinería, sin hacer ninguna clasificación o almacenamiento especial. Estos

residuos son ubicados en una esquina del Edificio de Odontología, cerca del Edificio de Imprenta (Ver figura 6, Anexo B).

f) Areas Verdes.

Dentro de la infraestructura de la Universidad de El Salvador, las áreas verdes (jardines y bosques) son grandes, proporcionando la mayor cantidad de residuos sólidos generados en el campus (Ver Sección 5.3.2). Existen áreas donde no se realiza la recolección de los residuos orgánicos de jardín, y en muchos de los casos, se dejan en las mismas áreas verdes para que se descompongan por acción del medio ambiente y sean utilizados como abonos para las mismas plantas.

Las ramas y troncos generados en la Universidad de El Salvador son recolectados por el camino de Sub-Gerencia de Servicios y llevados a la cancha de fútbol. Ahí se descomponen por acción del medio ambiente. (Ver figura 7 Anexo B).

g) Otros.

Otro tipo de residuos sólidos que genera la Universidad de El Salvador son los inmuebles en mal estado como pupitres, portones, puertas, mesas, etc. Esta clase de residuos sólidos no son llevados a los contenedores, ya que se consideran patrimonio de la Universidad de El Salvador por la Ley Orgánica Superior, Capítulo IX, por lo que son acumulados en predios baldíos o edificios destruidos en el campus. (Ver figura 8, Anexo B).

De los pupitres en mal estado, aproximadamente el 20% son reparados por los diferentes talleres existentes en las facultades del campus universitario; el resto se oxidan en los lugares donde son acumulados.

3.3 Organización de la Recolección de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

La recolección de residuos sólidos en el campus universitario esta a cargo de los departamentos de limpieza de las diferentes Facultades y la limpieza de las

áreas verdes, bosques, parques, parqueos y calles del campus la desarrolla la Sub-Gerencia de Servicios.

Los horarios de limpiezas así como la frecuencia de la recolección de los residuos sólidos varían según las necesidades de cada Facultad, los horarios de clases y el personal disponible.

a) Recipientes para la Recolección Interna de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

En el Campus Universitario existe una diversidad de recipientes para la recolección de los residuos sólidos. Estos se encuentran ubicados en oficinas, aulas, laboratorios y áreas verdes. En el cuadro 3.5 se describen algunos tipos de recipientes utilizados en el campus universitario, los que difieren en tamaño y material.

Cuadro 3.5 Tipo de Recipientes Utilizados para la Recolección Interna de los Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

UBICACIÓN	DESCRIPCION
Facultad de Odontología	Cajas de cartón, depósitos de plástico, bolsas plásticas
Facultad de Medicina	Depósitos de plásticos, depósitos de metal fijos, cajas de cartón
Bienestar Universitario	Depósitos de plásticos
Facultad de Ingeniería	Depósitos de metal, recipientes de plásticos
Facultad de Ciencias y Humanidades	Depósitos de metal
Sub-Gerencia de Servicios	Barriles de plástico

b) Horarios de Limpieza.

En todas las Facultades de la Universidad de El Salvador se inician labores de limpieza desde las 6:00 a.m., esto se debe a que la mayoría de Facultades comienzan sus actividades académicas a horas tempranas.

En el cuadro 3.6 se detallan los diversos turnos que hay en las Facultades y Sub-Gerencia de Servicios de la Universidad de El Salvador.

En Sub-gerencia de Servicios, por tener un área más amplia para el aseo (áreas verdes, bosques, parques) se hace necesario, en ocasiones, realizar turnos extras.

Cuadro 3.6 Horarios de Trabajo del Personal de Limpieza de las Diferentes Facultades de la Universidad de El Salvador.

FACULTAD	No. DE TRABAJADORES	HORA
Facultad de Medicina	10	6am-2pm
	9	8am-4pm
	6	7am-3pm
	5	12m-8pm
Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	2	6am-2pm
	2	6am-12m/1pm-3pm
	3	6:30-11:30am/2pm-5pm
	6	7am-2m/2-5:30pm
	2	7am-12m/1pm-4pm
Facultad de Economía	1	7am-10am/2pm-7pm
	8	6am-1pm
	2	2pm-5pm
Facultad de Ingeniería y Arquitectura	1	7pm-9pm
	4	6am-2pm
	4	12m-8pm
Facultad de Ciencias y Humanidades	12	8am-4pm
	6	6am-2pm
	4	8am-4pm
	5	7am-3pm
	2	12m-8pm
Facultad de Química y Farmacia	1	10am-6pm
	1	11am-6pm
Facultad de Ciencias Agronómicas	12	6am-2pm
Facultad de Odontología	6	7am-3pm
	6	8am-4pm
Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas	11	6am-2pm
	5	6am-2pm
	1	7am-3pm
	5	8am-4pm
Sub-Gerencia de Servicios	1	12m-8pm
	6	6am-10am
	6	8am-4pm

c) Frecuencia de Recolección.

El grado de recolección interna de los residuos sólidos oscila de 1 vez al día hasta 3 veces al día. Esto depende de los turnos que presentan las diferentes Facultades, así como de los horarios de labores, tanto de clases como el de oficina. Así las Facultades que tienen clases hasta muy tarde, realizan de 2 a 3 veces la recolección de los residuos sólidos.

En el cuadro 3.7 se muestra la frecuencia de recolección de los residuos sólidos por Facultad.

Cuadro 3.7 Frecuencia de Recolección Interna.

FACULTAD	UNA VEZ AL DÍA	DOS VECES AL DÍA	TRES VECES AL DÍA
Economía	*		
QQFF	*		
Odontología		*	
Derecho			*
Agronomía		*	
CC.HH			*
FIA		*	
CCNN y Matemática	*		
Medicina		*	
Sub-Gerencia de Servicios	*		

4.0 DETERMINACION DE LA CANTIDAD Y COMPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

El tratamiento de los residuos sólidos es un problema a nivel nacional del cual la Universidad de El Salvador no está exento, y por ser una institución con una población estudiantil grande es necesario el desarrollo de estrategias para minimizar la generación de residuos sólidos o desarrollar planes que permitan que los residuos sólidos generados puedan ser reusados, reciclados o evacuados de mejor forma.

Con el objetivo de determinar la cantidad y composición de los residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador se desarrolló un muestreo de las contenedores existentes en el campus.

4.1 Prueba Piloto para la Determinación del Número de Muestras Necesarias para la Estimar la Cantidad y la Composición de los Residuos Sólidos Generados en la Universidad de El Salvador.

Las muestras para determinación la composición de los residuos sólidos fueron recolectadas y seleccionadas en forma manual durante un periodo de tiempo determinado.

La determinación del número de muestras selectivas que se requieren para conseguir el nivel de confianza deseado durante la etapa experimental; se efectuó a partir de la ecuación 4.1.

$$\eta = \sigma^2 Z^2 / E^2 \quad (\text{ecuación 4.1})$$

Donde: η = número de muestras.

σ = varianza muestral (la cual se calcula por criterio o mediante una prueba piloto).

Z = Nivel de confianza (Indica el número de errores estándar asociados al nivel de confianza). Se obtiene de Tablas generalmente se utiliza para un valor de confianza del 95%.

E = Error máximo permitido.

La evaluación de la varianza muestral (σ) necesaria para la determinación de η , se realizó a través de un muestreo piloto, en donde se tomaron muestras de los cinco depósitos para basura ubicada dentro del campus universitario (Ver anexo A). La metodología empleada se describe a continuación:

- a) Se mezcló la basura contenida en los depósitos con el fin de homogenizarla. Se tomó una muestra de 10 lbs. de desechos sólidos y se colocaron en bolsas plásticas previamente pesadas. (Se utilizó una balanza de 120 lbs. de capacidad).
- b) Se procedió a la separación manual de los desechos en los siguientes componentes (macroaproximación):
 - ✓ Papel y Cartón
 - ✓ Plástico
 - ✓ Vidrio
 - ✓ Metales
 - ✓ Madera
 - ✓ Residuos de Jardín
 - ✓ Residuos de Comida
 - ✓ Otros
- c) Se pesó cada componente de la macroaproximación por separado, se anotan los datos
- d) Se determinó la fracción peso de cada categoría.

Los resultados obtenidos de la prueba piloto se muestran en el cuadro 4.1, los cuales están ordenados por categorías y según el contenedor donde se tomó la muestra.

Cuadro 4.1 Pesos de Residuos Sólidos de la Prueba Piloto en la Universidad de El Salvador.

CATEGORÍA	INGENIERÍA (Lbs)	OFICINAS CENTRALES (Lbs)	MEDICINA (Lbs)	JURISP. Y CC. SS (Lbs)	DEPORTES (Lbs)	TOTAL (Lbs)
Papel y Cartón	4.875	2.375	1.375	3.125	2.875	14.625
Plástico	1.500	1.000	2.500	1.375	1.625	8.0000
Vidrio	0.000	5.031	0.000	0.437	0.000	5.4680
Metales	0.312	0.000	0.000	0.437	0.437	1.1860
Madera	0.687	0.062	0.000	0.000	0.125	0.8740
Residuos de Jardín	0.439	0.689	0.500	2.189	2.251	6.0680
Residuos de Comida	1.750	0.656	4.625	1.437	1.687	10.155
Otros	0.437	0.187	1.000	1.000	1.000	3.6240
TOTAL	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	

En el cuadro 4.2 se presenta la fracción en peso de cada uno de los datos obtenidos en el cuadro 4.1.

Cuadro 4.2 Porcentaje de Residuos Sólidos de la Prueba Piloto en la Universidad de El Salvador.

CATEGORÍA	INGENIERÍA	OFICINAS CENTRALES	MEDICINA	JURISP. Y CC. SS	DEPORTES
Papel y Cartón	0.48750	0.2375	0.1375	0.3125	0.2875
Plástico	0.15000	0.1000	0.2500	0.1375	0.1625
Vidrio	0.0000	0.5031	0.0000	0.0437	0.0000
Metales	0.0312	0.0000	0.0000	0.0437	0.0437
Madera	0.0687	0.0062	0.0000	0.0000	0.0125
Residuos de Jardín	0.0439	0.0689	0.0500	0.2189	0.2251
Residuos de Comida	0.1750	0.0656	0.4625	0.1437	0.1687
Otros	0.0437	0.0187	0.1000	0.1000	0.1000

El calculo de la media se realiza a partir de la ecuación 4.2:

$$X = 1/n \sum Xi \quad (\text{ecuación 4.2})$$

Así mismo la varianza muestral se calcula en la ecuación 4.3:

$$\sigma^2 = 1/n \sum (Xi - X)^2 \quad (\text{ecuación 4.3})$$

El calculo de estas variables para cada categoría de la macroaproximación se presente en el cuadro 4.3:

Cuadro 4.3 Varianza Muestral para las Diferentes Categorías de Residuos Sólidos de la Prueba Piloto en la Universidad de El Salvador.

CATEGORIA	MEDIA	DESVIACIÓN
Papel y Cartón	0.29250	0.12790
Plástico	0.16000	0.05550
Vidrio	0.10936	0.22090
Metales	0.02372	0.02225
Madera	0.01748	0.02909
Residuos de Jardín	0.12136	0.09236
Residuos de Comida	0.20310	0.15140
Otros	0.07248	0.03870
	1.0000	0.0894

Una vez determinados los datos para cada subdivisión, se realiza el cálculo del número de muestras (n_i) para cada categoría por medio de la ecuación 4.1 de tal

manera, que el tamaño de muestra total n será la suma de los n_i calculados para cada componente.

En el cuadro 4.4 se presentan los n_i calculados para cada categoría, en donde puede observarse que el número total de muestras necesarias para estimar la composición de los residuos sólidos en la Universidad de El Salvador es de 25.

Cuadro 4.4 Número Total de Muestras Necesarias para Estimar la Composición de los Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

COMPONENTE	σ_i	TAMAÑO DE LA MUESTRA (EC. 3.1)
Papel	0.1279	4.0219
Plástico	0.0550	0.7437
Vidrio	0.2209	11.9973
Metales	0.0222	0.1212
Residuos de jardín	0.0923	2.0946
Madera	0.0290	0.2068
Residuos de comida	0.1514	5.6356
Otros	0.0387	0.3682
TOTAL		25.18

4.2 Investigación de Campo para la Determinación de la Cantidad y Composición de los Residuos Sólidos Generados en la Universidad de El Salvador.

El plan de muestreo para la determinación de la cantidad y composición de los residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador se obtuvo, tomando en cuenta que existen 5 zonas donde se ubican los contenedores de disposición final. El número de total muestras se dividió entre 5, por ser el número de contenedores como ya se mencionó en la sección 3.1; y se tomó una muestra por día en un tiempo de duración de 5 días. Los resultados del plan de muestreo se presentan en el cuadro 4.5.

Cuadro 4.5 Plan de Muestreo para la Determinación de la Cantidad de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

CONTENEDOR	MUESTRA POR DÍA A	TIEMPO DE RASTREO (DIAS) B	TOTAL DE MUESTRAS (A)*(B)
Contenedor de Facultad de Ingeniería y Arquitectura	1	5	5
Contenedor de Oficinas Centrales	1	5	5
Contenedor de La Placita	1	5	5
Contenedor de Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales	1	5	5
Contenedor de Deportes	1	5	5
TOTAL			25

5.0 CUANTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS.

La investigación de campo para el desarrollo del proyecto se llevó a cabo del 9 de agosto al 17 de septiembre de 1999, monitoreando los lugares de disposición final durante una semana (contenedores, cafetines, etc.), según el plan de muestreo presentado en el cuadro 4.5, sección 4; lo que permitió determinar la cantidad total de residuos sólidos generados diariamente. Es importante mencionar que la cuantificación se realizó dentro de la Universidad de El Salvador solo en 3 cafetines de los 4 existentes hasta la fecha: Cafetín Central, Cafetín de ACOPUS, Cafetín de Química y Farmacia. El Chalet "El Manguito" no se realizó debido a que todo los residuos sólidos son de origen orgánico.

Para la clasificación de los residuos sólidos se tomó como base el procedimiento de la prueba piloto donde se escogieron muestras aleatorias de 25 lbs. durante 5 días (según la Norma Mexicana NOM-AA-1985, Anexo D para el método del cuarteo se estable que según las necesidades de aplicación del método del muestreo se puede variar el tamaño de la muestra, por lo que tomando en cuenta que la generación de residuos sólidos de una institución es mínima comparado con una ciudad, se tomó 25 lbs, ya que está norma mexicana está diseñada para el análisis muestral de residuos sólidos para una ciudad completa). Luego cada muestra fue separada manualmente en sus componentes (macroaproximación), para el posterior calculo de sus fracciones en peso. La cantidad de muestras a tomar se obtuvieron a partir de la prueba piloto (Véase sección 4.1).

La cuantificación de los residuos sólidos se hizo por medio de pesada directa de todos los residuos que llegaban al centro de acopio, para ello fue necesario la utilización de ciertos instrumentos que facilitaron el trabajo.

5.1 Material y Equipo.

Para realizar la etapa de monitoreo se hizo necesario tomar todas las medidas de seguridad como vacunas contra enfermedades transmisibles y la utilización de cierto equipo de protección para uso personal.

En los cuadros del 5.1 al 5.3 se presentan los requerimientos de material y equipo referentes a:

- Protección de personal
- Recolección y muestreo
- Medición

Cuadro 5.1. Equipo de Protección Personal.

EQUIPO DE PROTECCION PERSONAL
- Guantes de hule
- Guantes de cuero
- Botas de hule
- Mascarillas protectoras

Cuadro 5.2 Materiales Utilizados para la Cuantificación de Residuos Sólidos.

MATERIALES
- Sacos de mezcal
- Palas
- Rastrillos
- Lazos
- Bolsas plásticas
- Barril plástico
- Tablas para el registro de residuos
- Marcadores, plumones, lápices, etc.
- Papelería en general
- Tijeras
- Cinta adhesiva
- Viñetas para identificación

Cuadro 5.3 Instrumentos de Medición Utilizado para la Cuantificación de Residuos Sólidos.

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
- Balanza Romana, capacidad 200 lb.
- Balanza Granataria, capacidad 1000 g

5.2 Procedimiento de Recolección de Muestras.

La cuantificación de los residuos sólidos se hizo por medio de la pesada directa con ayuda de una balanza romana que consta de una pesa que es colocada sobre una varilla metálica en la cual esta grabado las unidades de peso.

Esta balanza es colgada de un lazo, ubicada sobre el nivel del suelo por lo general a 1.5 metros de altura.

El saco lleno de residuos era colocado sobre dos lazos que tenían la función de canasta, asegurando al saco para que este quedase suspendido. En la figura 9 Anexo B se presenta una fotografía del procedimiento de pesado del saco conteniendo residuos sólidos.

En algunas ocasiones las personas encargadas de la limpieza llevaban los residuos en barriles. En este caso el barril era pesado directamente en la balanza. Con ayuda de lazos, el barril era sujetado y se colgaba en la balanza, para pesarlos. Los barriles eran destarados al igual que los sacos.

La clasificación de los residuos sólidos fue realizada diariamente, y para ello se recolectaban las muestras en bolsas plásticas las cuales se sometían a un procedimiento de cuarteo (Ver Norma Mexicana NOM-AA-15-1989. Anexo D) hasta recolectar una muestra de 25 lbs. aproximadamente. Los componentes plásticos, vidrio, papel, orgánicos, etc. eran separados manualmente. Cada grupo de componentes separados de la muestra eran pesados. Dependiendo de que tan pequeña era la cantidad de estos se pesaban en la balanza granataria.

Esto se hacia tanto para los contenedores como los cafetines, con la única diferencia que en los cafetines se dejaba que los residuos se acumularan, para llegar a pesar antes que fuese desalojado por el camión de aseo, comúnmente entre 12:00 m a 1:00 pm.

5.3 Caracterización Física y Análisis Físicos y Fisicoquímicos de los Residuos Sólidos Generados en la Universidad de el Salvador.

Las caracterizaciones físicas y análisis físicos y fisicoquímicos deben ser tomados en cuenta para desarrollar y diseñar sistemas de gestión integrada de los residuos sólidos, a continuación se presentan las formas de obtención de éstos.

5.3.1 Características Físicas.

Para efectuar los análisis se tomaron los datos que se presentan a continuación, empleando el plan de muestreo establecido en la sección 4.2.

5.3.1.1 Resultados de la Cuantificación de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

En el cuadro 5.4. y 5.5 se presentan los promedios diarios de residuos sólidos que se encuentran en los contenedores y cafetines principales de la Universidad de El Salvador. Este promedio se obtuvo a través de los datos obtenidos diariamente durante una semana en cada contenedor y cafetin.

Cuadro 5.4 Promedio Diario Total de Residuos Sólidos en Diferentes Contenedores de La Universidad de El Salvador.

CONTENEDOR	PROMEDIO DIARIO (Kg)
Oficina Central	292.66738
Jurisprudencia	288.52689
Ingeniería	221.50370
Deportes	188.55041
Placita	71.29558
Odontología	50.43948
Promedio Global	185.49724

Cuadro 5.5 Promedio Diario Total de Residuos Sólidos en Diferentes Cafetines de La Universidad de El Salvador.

CAFETIN	PROMEDIO DIARIO (Kg)
ACOPUS	134.02288
Manguito	39.72760
Química y Farmacia	32.11434
Central	18.23448
Promedio Global	56.02483

5.3.1.2 Resultados de la Clasificación de Residuos Sólidos por Contenedores en la Universidad de El Salvador.

Desde el cuadro 5.6 hasta el cuadro 5.10 se presentan los promedios de las proporciones de todos los componentes que conforman los residuos sólidos de los Contenedores Ingeniería, Oficina Central, Jurisprudencia y Ciencias Sociales, Deportes y La Placita respectivamente. Estos datos se calcularon a través de la clasificación de muestras recolectadas diariamente en cada contenedor.

Todos los datos que se presentan a continuación son promedios de todos los datos obtenidos.

Cuadro 5.6 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de Ingeniería

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.0666
Plástico	0.0379
Vidrio	0.0240
Metales (Aluminio)	0.0053
Madera	0.0097
Residuos de Jardín	0.8028
Residuos de Comida	0.0205
Durapax	0.0077
Otros	0.0255
TOTAL	1.0000

Cuadro 5.7 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de Oficinas Centrales.

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.4638
Plástico	0.0776
Vidrio	0.0216
Metales (Aluminio)	0.0078
Madera	0.0011
Residuos de Jardín	0.3871
Residuos de Comida	0.0135
Durapax	0.0213
Otros	0.0062
TOTAL	1.0000

Cuadro 5.8 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.1376
Plástico	0.1470
Vidrio	0.0000
Metales (Aluminio)	0.0099
Madera	0.0000
Residuos de Jardín	0.6040
Residuos de Comida	0.0438
Durapax	0.0577
Otros	0.0000
TOTAL	1.0000

Cuadro 5.9 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor de Deportes.

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.1154
Plástico	0.0865
Vidrio	0.0080
Metales (Aluminio)	0.0300
Madera	0.0080
Residuos de Jardín	0.6611
Residuos de Comida	0.0449
Durapax	0.0400
Otros	0.0060
TOTAL	1.0000

Cuadro 5.10 Clasificación de Residuos Sólidos en Contenedor La Placita

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.1811
Plástico	0.0765
Vidrio	0.0000
Metales (Aluminio)	0.0034
Madera	0.0000
Residuos de Jardín	0.6697
Residuos de Comida	0.0369
Durapax	0.0318
Otros	0.0006
TOTAL	1.0000

5.3.1.3 Resultados de la Clasificación de Residuos Sólidos por Cafetin en la Universidad de El Salvador.

A partir del cuadro 5.11 hasta el cuadro 5.13 se presentan los promedios de las proporciones de todos los componentes que conforman los residuos sólidos de los cafetines Química y Farmacia, Central y ACOPUS respectivamente. Estos datos

se calcularon a través de la clasificación de muestras recolectadas diariamente en cada cafetín.

Cuadro 5.11 Clasificación de Residuos Sólidos en Cafetin de Química y Farmacia

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.2388
Plástico	0.1834
Metales (Aluminio)	0.0144
Residuos de Comida	0.3987
Durapax	0.1647
TOTAL	1.0000

Cuadro 5.12 Clasificación de Residuos Sólidos en Cafetin Central.

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.2849
Plástico	0.2092
Metales (Aluminio)	0.0213
Residuos de Comida	0.3777
Durapax	0.1069
TOTAL	1.0000

Cuadro 5.13 Clasificación de Residuos Sólidos en Cafetin ACOPUS

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.0152
Plástico	0.2154
Metales (Aluminio)	0.0066
Residuos de Comida	0.6059
Residuos de Jardín	0.0729
Durapax	0.0840
TOTAL	1.0000

5.3.1.4 Resultados Globales de la Clasificación de Residuos Sólidos en La Universidad de El Salvador.

En los cuadros 5.14 y 5.15 se presenta la proporción global promedio de los componentes que conforman los residuos sólidos de contenedores y cafetines de la muestra.

Cuadro 5.14 Clasificación de Residuos Sólidos Totales por Contenedor.

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.1929
Plástico	0.0852
Vidrio	0.0107
Metales (Aluminio)	0.0113
Madera	0.0037
Residuos de Jardín	0.6250
Residuos de Comida	0.0319
Durapax	0.0317
Otros	0.0076
TOTAL	1.0000

Cuadro 5.15 Clasificación de Residuos Sólidos Totales por Cafetines.

CATEGORIAS	PROMEDIO DE PROPORCIONES
Papel y Cartón	0.1791
Plástico	0.2026
Metales (Aluminio)	0.0141
Residuos de Comida	0.4611
Residuos de Jardín	0.1187
Durapax	0.0244
TOTAL	1.0000

5.3.1.5 Análisis de los Resultados de la Cuantificación y Clasificación de los Residuos Sólidos en La Universidad de El Salvador.

Luego de tabular toda la información anterior, se presenta a continuación el análisis de esta a través de observaciones hechas sobre cálculos de medias y gran total de datos y gráficas de la información.

a) Análisis para cuadro 5.4 y 5.5

a.1) En la figura 5.1 se presenta los promedios totales por contenedor en kilogramos correspondientes al cuadro 5.4.

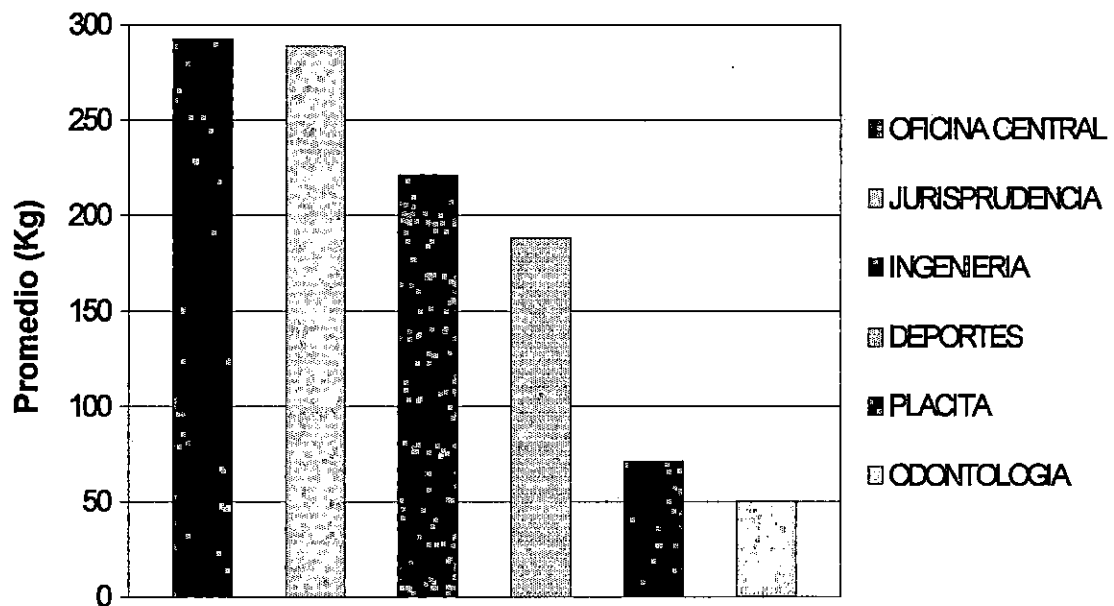


Figura 5.1 Promedio Diario (Media aritmética) de Residuos Sólidos en los Diferentes Contenedores de la Universidad de El Salvador Expresado como kilogramos Diarios.

a.2) Observaciones de figura 5.1

Para la muestra los contenedores ubicados cerca de Oficina Central y Jurisprudencia y Ciencias Sociales con un promedio de 292.6673 Kg/diarios y

288.5268 Kg/diarios respectivamente son las zonas de mayor recolección. Esta situación puede deberse a lo siguiente:

En el contenedor ubicado cerca de Oficinas Centrales depositan las siguientes facultades: Facultad de Medicina, Química y Farmacia, Agronomía, Oficina Central y los residuos sólidos recolectados en áreas verdes.

Mientras que al contenedor ubicado en Jurisprudencia asisten: Facultad de Ciencias Económicas, Jurisprudencia y Ciencias Sociales y residuos de áreas verdes. Esta Facultad tiene horarios nocturnos es decir que existe afluencia de estudiantes durante todo el día, comparado con otras Facultades en las cuales los horarios son durante toda la mañana y parte de la tarde. Otro factor es que la Facultad de Jurisprudencia y Ciencia Sociales es la que presenta mayor población estudiantil. El contenedor que reporta el promedio más bajo es el contenedor de Odontología con un valor de 50.4394 Kg/diarios, este contenedor se utiliza como un centro de acopio provisional y los residuos aquí depositados son catalogados como residuos sólidos peligrosos por tratarse de residuos hospitalarios.

a.3) En la figura 5.2 se presenta los gran promedios totales por cafetín en kilogramos correspondientes al cuadro 5.5.

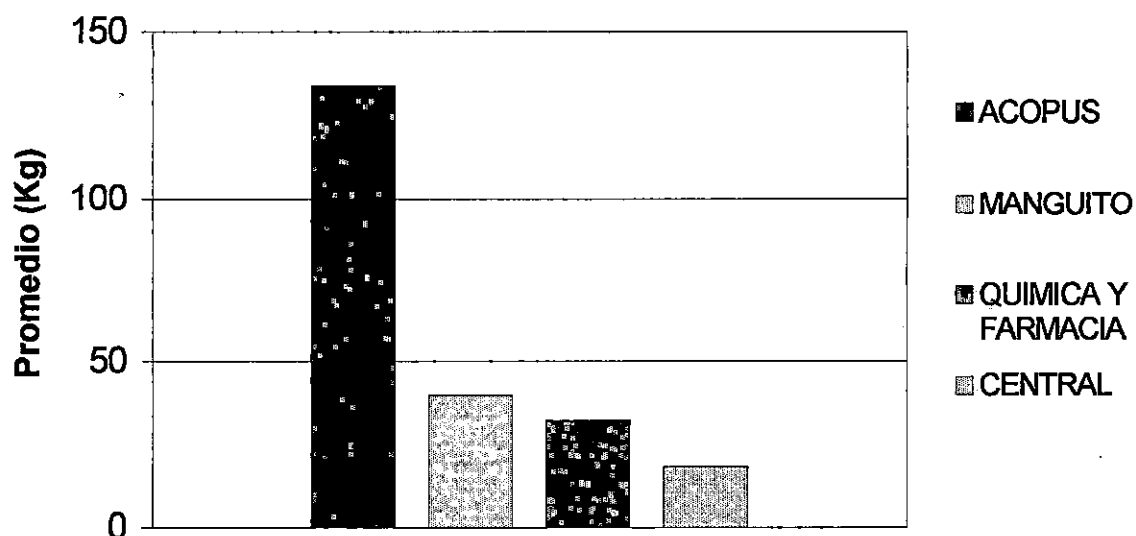


Figura 5.2 Promedio Diario (Media aritmética) de Residuos Sólidos en los Cafetines de la Universidad de El Salvador Expresado como kilogramos Diarios.

a.4) Observaciones de figura 5.2

Según la figura 5.2 el Cafetín ACOPUS genera la mayor cantidad de residuos sólidos teniendo un promedio muestral diario de 134.0228 kilogramos. El cafetín que genera menor cantidad de residuos es el cafetín Central con un promedio muestral diario de 18.2344 Kg/diarios.

b) Análisis para cuadros 5.6 hasta 5.10.

b.1) En la figura 5.3 se presentan los datos promedios de las proporciones de los componentes de los residuos sólidos para el contenedor de Ingeniería correspondientes al cuadro 5.6.

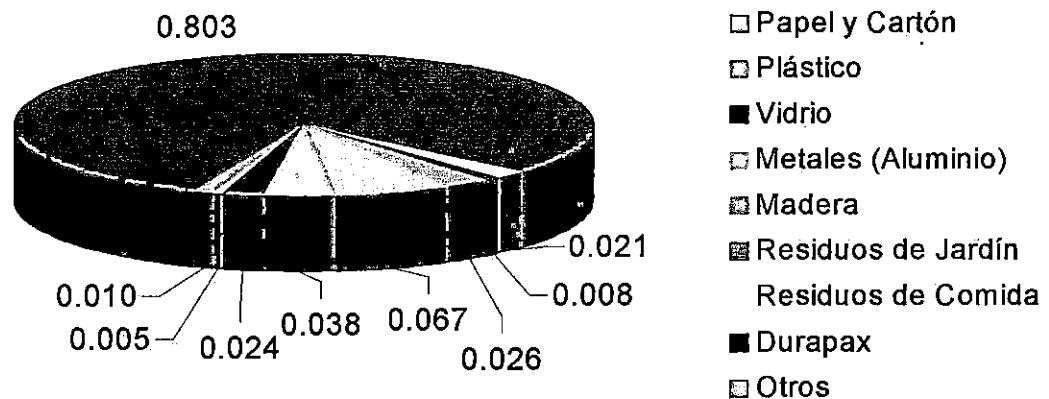


Figura 5.3 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor Ingeniería.

b.2) Observaciones.

En la figura 5.3 se puede observar que la mayor proporción de residuos depositados en este contenedor son residuos de jardín con una proporción

promedio de 0.803, seguido por papel y cartón con una proporción de 0.067. El componente en menor proporción es el metal con un promedio de 0.005.

b.3) En la figura 5.4 se presenta los datos de promedios de proporciones para el contenedor de Oficina Central tabulados en cuadro 5.7.

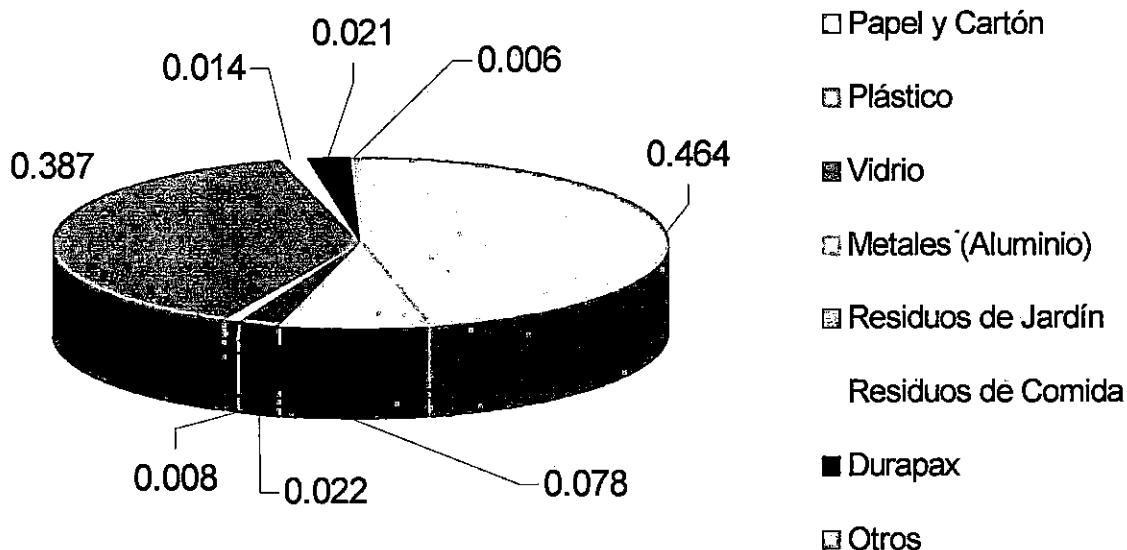


Figura 5.4 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor de Oficina Central.

b.4) Observaciones.

Los residuos que son depositados en este contenedor en mayor proporción son papel y cartón con un valor de 0.464, seguido por residuos de jardín con una proporción de 0.387.

b.5) En la figura 5.5 se presentan los datos de promedios de proporciones para el contenedor de Jurisprudencia y Ciencias Sociales tabulados en cuadro 5.8.

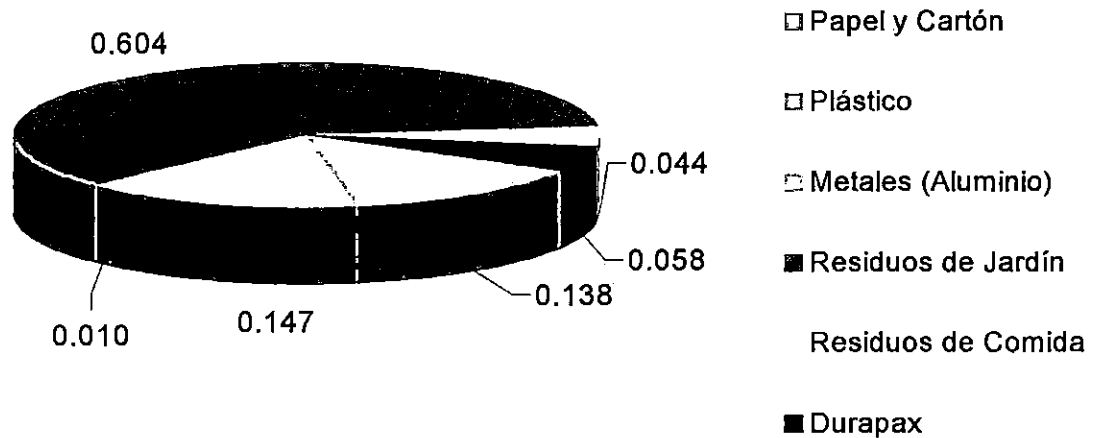


Figura 5.5 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.

b.6) Observaciones.

Los residuos de jardín representan el 0.604 de los residuos generados por las Facultades y otras instancias que depositan sus desechos en este contenedor siendo estos la mayoría. También los residuos que se depositan en mayor proporción son plástico con una proporción de 0.147 seguido por papel y cartón con un valor de 0.138. La menor cantidad de residuos aquí depositados corresponde a residuos de aluminio.

b.7) En la figura 5.6 se presentan los datos de promedios de proporciones para el contenedor de Deportes tabulados en cuadro 5.9.

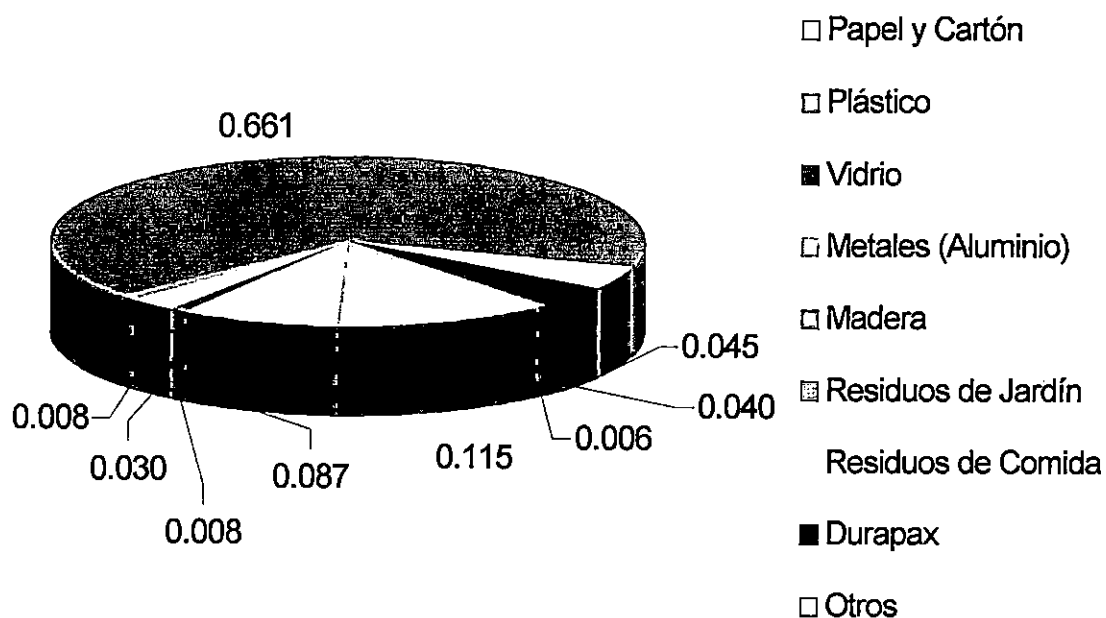


Figura 5.6 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor de Deportes.

b.8) Observaciones de figura 5.6

Los residuos de jardín representan el 0.661 de los residuos depositados en el contenedor de deportes siendo este el que tiene mayor proporción. Los residuos de papel y cartón representan el 0.119 siguiendo a este valor los residuos de plástico con una proporción del 0.087.

b.9) En la figura 5.7 se presenta los datos de promedios de proporciones para el contenedor La Placita correspondientes al cuadro 5.10.

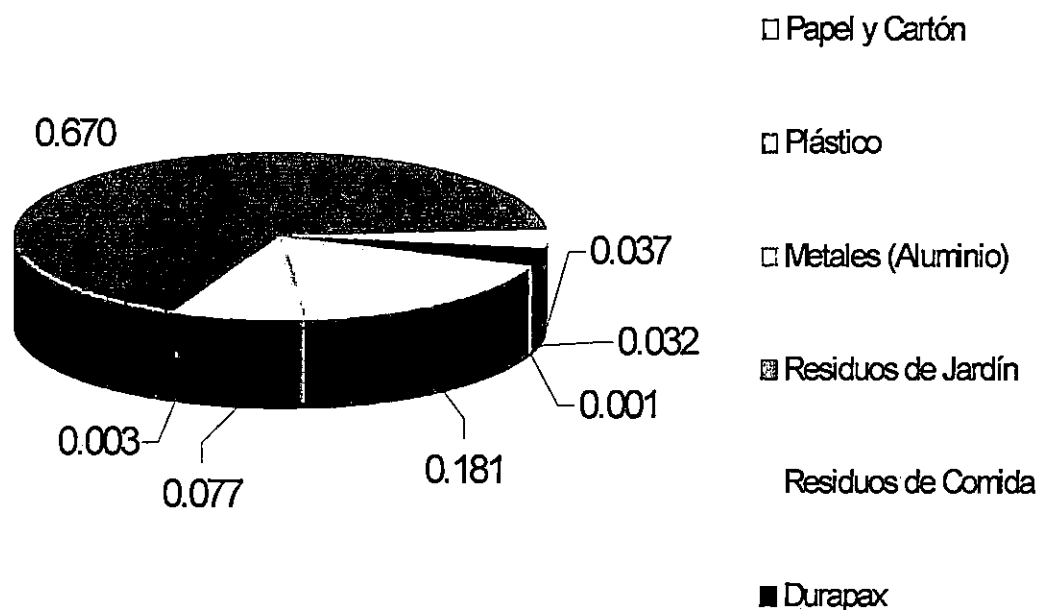


Figura 5.7 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Contenedor La Placita.

b.10) Observaciones de Figura 5.7

La situación se repite el 0.670 de los residuos representan residuos de jardín los que se presentan en mayor proporción.

Los residuos de papel y cartón se encuentran en segundo lugar con un valor de 0.181. La proporción más baja esta representada por los metales, que en general son latas de aluminio.

c) Análisis para cuadros 5.11 hasta 5.13

c.1) En la figura 5.8 se presentan los datos promedios de los componentes como plástico, residuos de comida, durapax, etc., que forman parte de los residuos sólidos del cafetin de Química y Farmacia correspondiente al cuadro 5.11 la información esta dada en proporciones.

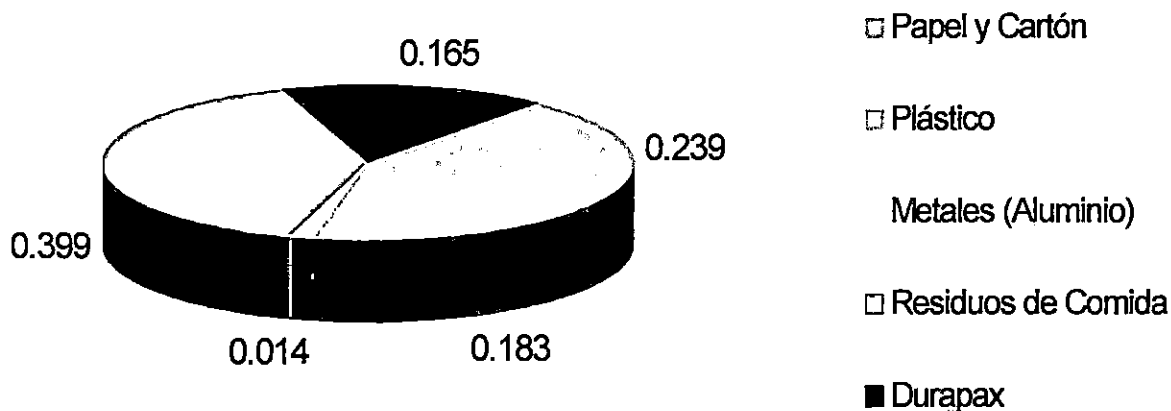


Figura 5.8 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Cafetin de Química y Farmacia.

c.2) Observaciones.

Como puede observarse alrededor del 0.399 de los residuos generados corresponden a residuos de comida, siguiendo a este valor la cantidad generada de papel y cartón en un 0.239. La proporción más baja esta representada por los residuos de metal (aluminio) con una proporción de 0.014.

c.3) En la figura 5.9 presenta los datos promedios correspondiente al cuadro 5.12 de los componentes que forman parte de los residuos sólidos del cafetin de Central la información esta dada en proporciones.

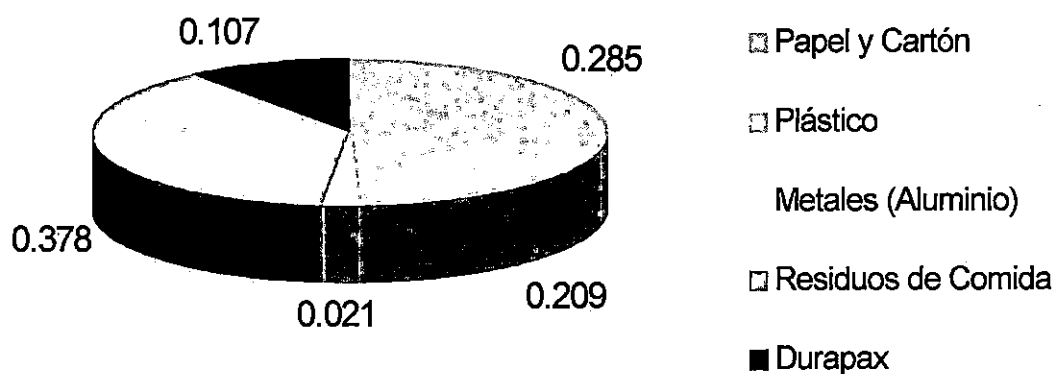


Figura 5.9 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Cafetín Central.

c.4) Observaciones.

El resultado obtenido en la clasificación de la muestra es lógico, era de esperarse que la mayor proporción de residuos generados fuese residuos de comida con una valor de 0.378. En segundo lugar encontramos a los residuos de papel y cartón en una proporción del 0.285

c.5) En la figura 5.10 se presentan los promedios de proporciones correspondiente al cuadro 5.13 de los componentes que forman parte de los residuos sólidos del cafetín de ACOPUS.

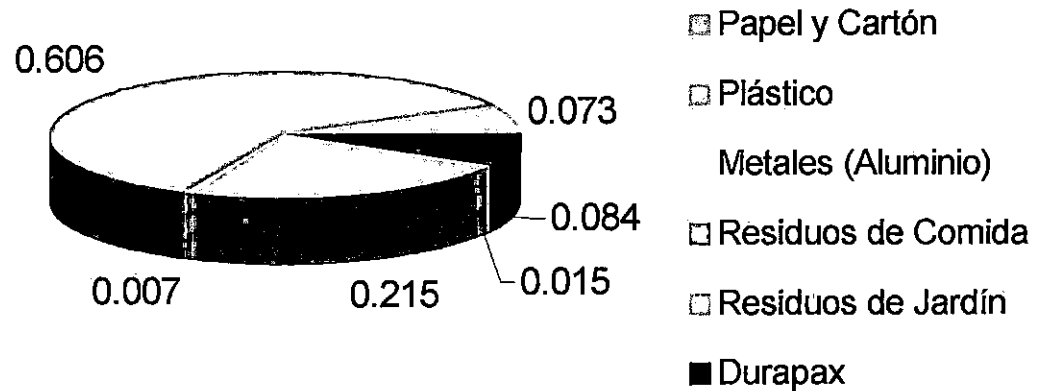


Figura 5.10 Promedios de Proporciones con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos del Cafetín ACOPUS.

c.6) Observaciones.

La mayor cantidad de residuos generados por el cafetín ACOPUS corresponde a residuos de comida con 0.606 y residuos plásticos con una proporción del 0.215. La proporción más baja para este contenedor esta dada por los residuos de metal (aluminio) con un valor de 0.007.

d) Análisis para cuadros 5.14 hasta 5.15

d.1) En la figura 5.11 se presentan el promedio total de las proporciones de los componentes de los residuos sólidos para todos los contenedores principales de la Universidad de El Salvador correspondientes al cuadro 5.14.

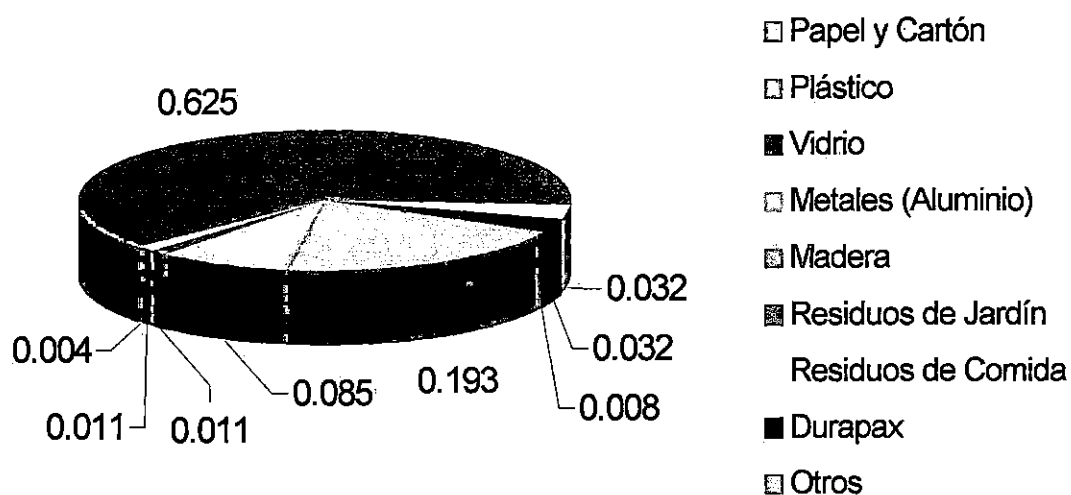


Figura 5.11 Promedios de Proporciones Totales con que cada Componente Participa en los Residuos Sólidos de los Contenedores de la Universidad de El Salvador.

d.2) Observaciones.

La mayor cantidad de residuos sólidos generados son los residuos de jardín representando el 0.625, residuos de papel con 0.193 y residuos plásticos con una proporción del 0.085.

d.3) En la figura 5.12 se presentan el promedio total de las proporciones de los componentes de los residuos sólidos para todos los cafetines principales de la Universidad de El Salvador correspondientes al cuadro 5.15.

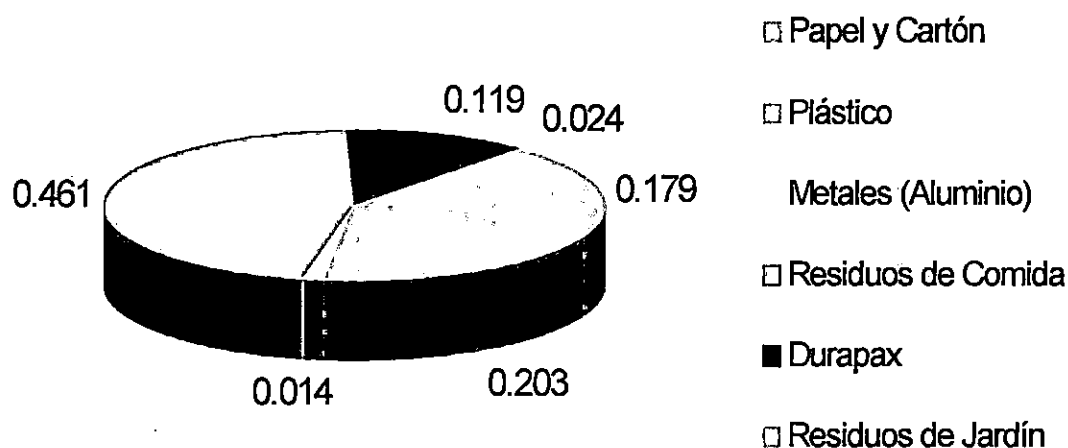


Figura 5.12 Promedios de Proporciones Totales con que Cada Componente Participa en los Residuos Sólidos de Todos los Cafetines Principales de la Universidad de El Salvador.

d.4) Observaciones.

Como se puede observar la mayor cantidad de residuos generados por los cafetines son residuos de comida con un 0.461, resultado que es acompañado también con una alta generación de residuos plásticos teniendo un valor de 0.202.

Es importante hacer notar que también la proporción de durapax 0.119 es significativa y es un comportamiento que se repite en los diferentes cafetines de la Universidad de El Salvador

Estos resultados se complementan ya que en la mayoría de cafetines se ha sustituido las vajillas de vidrio por platos, vasos y cubiertos de plástico.

5.3.1.6 Estimaciones de las Medias Poblacionales (μ) para la Cantidad Generada [Kg/día] de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

Los intervalos de confianza fueron obtenidos por medio del análisis de mínimos cuadrados medios (Ver anexo C). Los resultados son presentados por contenedor y cafetin y no por día, ya que al realizar la prueba de hipótesis haciendo uso de análisis de varianza para dos factores reporto que el factor día no afecta los resultados de cantidad y composición y que estos dependían del lugar donde se tomara la muestra.

a) Resultados de las Estimaciones de las Medias Poblacionales (μ).

a.1) Para inferir sobre la cantidad de residuos sólidos generada en la Universidad de El Salvador, se calculó la media poblacional (μ) con un intervalo de confianza del 95%. El cuadro 5.16 muestra los intervalos de confianza para el promedio de residuos sólidos en la Universidad de El Salvador en Kg/día.

Cuadro 5.16 Estimación de las Medias Poblacionales (μ) de las Cantidades de Residuos Sólidos Generados en Contenedores en la Universidad de El Salvador a un Nivel de Significancia del 0.05.

CONTENEDOR	INTERVALOS DE CONFIANZA PARA EL PROMEDIO DE RESIDUOS SOLIDOS AL 95% EN CONTENEDORES (Kg/día)
Ingeniería	221.50370±146.37687
Oficina Central	292.66738±76.39728
Placita	71.29558±34.63407
Odontología	50.43948±12.13248
Jurisprudencia	288.52689±101.73410
Deportes	188.55041±39611
PROMEDIO TOTAL DE RESIDUOS	185.49724±47.52968

Todos los cálculos para la obtención de estos resultados se encuentran en Anexo C.

a.2) El intervalo de confianza al 95% para la media poblacional (μ) de la cantidad de residuos sólidos generados en los cafetines es de 34.17 a 77.88 Kg/día, lo que se muestra en el cuadro 5.18

Cuadro 5.17 Estimación de las Medias Poblacionales (μ) de las Cantidades de Residuos Sólidos Generados en Cafetines en la Universidad de El Salvador a un Nivel de Significancia del 0.05.

CAFETINES	INTERVALOS DE CONFIANZA PARA LA MEDIA DE RESIDUOS SOLIDOS AL 95% EN CAFETINES EN (Kg/día)
Manguito	39.72760±10.32742
Central	18.23448±4.02673
Quimica y Farmacia	32.11434±15.99785
ACOPUS	134.02288±15.08542
PROMEDIO TOTAL DE RESIDUOS	56.02483±21.85896

Todos los cálculos para la obtención de estos resultados se encuentran en Anexo C.

a.3) Para inferir sobre los diferentes componentes que forman parte de los residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador, se calculó la media poblacional (μ) con un intervalo de confianza del 95%, la cual se muestra en los cuadros 5.19 y 5.20.

Cuadro 5.18 Estimación de las Medias Poblacionales (μ) por Componente de los Residuos Sólidos Generados en Contenedores de la Universidad de El Salvador con un Nivel de Significancia del 0.05.

CATEGORIAS	INTERVALOS DE CONFIANZA PARA PROMEDIO DE PROPORCIONES DIARIAS DE RESIDUOS SOLIDOS CLASIFICADOS EN CONTENEDORES AL 95%
Papel y Cartón	0.1939±0.0641
Plástico	0.0859±0.0167
Vidrio	0.0117±0.0130
Metales (Aluminio)	0.0120±0.0063
Madera	0.0041±0.0052
Residuos de Jardín	0.6211±0.0641
Residuos de Comida	0.0315±0.139
Durapax	0.0317±0.0110
Otros	0.0083±0.0057

Todos los cálculos para la obtención de estos resultados se encuentran en el anexo C.

Cuadro 5.19 Estimación de las Medias Poblacionales de la Proporción de Cada Componente de los Residuos Sólidos Generados en Cafetines de la Universidad de El Salvador con un Nivel de Significancia del 0.05.

CATEGORIAS	INTERVALOS DE CONFIANZA PARA PROMEDIO DE PROPORCIONES DIARIAS DE RESIDUOS CLASIFICADOS EN CAFETINES AL 95%
Papel y Cartón	0.1796±0.0667
Plástico	0.2027±0.0078
Metales (Aluminio)	0.0141±0.0034
Residuos de Comida	0.4607±0.0583
Residuos de Jardín	0.0243±0.0194
Durapax	0.1186±0.0192

Todos los cálculos para la obtención de estos resultados se encuentran en anexo C.

a.4) Análisis del cuadro 5.16

Observando el cuadro 5.16, se tiene que la mayor recolección de residuos sólidos con un grado de confianza del 95% en kilogramos diarios se da en el contenedor de Oficina Central con un intervalo de 195.3174 a 390.0170, seguido por los contenedores de Jurisprudencia y Ciencias Sociales y el contenedor de Ingeniería en ese orden .

Al calcular la estimación de la media poblacional (μ) total, con un intervalo de confianza del 95%, se tiene que la cantidad promedio de residuos sólidos en contenedor se encuentra dentro del intervalo de 145.7540 a 225.2398 kilogramos diarios.

a.5) Análisis del cuadro 5.17

El cuadro 5.17, presenta el promedio de la cantidad de residuos sólidos generados en los diferentes cafetines en kilogramos diarios. Se tiene que la mayor generación a un 95% de confianza se da en el cafetín ACOPUS con una cantidad que se encuentra entre 118.9374 y 149.10963. La menor generación es la del Cafetin Central con un intervalo de 14.2077 a 22.2612 kilogramos diarios.

Al calcular la estimación de la media poblacional (μ) total, con un intervalo de confianza del 95%, se tiene que la cantidad promedio de residuos sólidos generados en cafetines se encuentra dentro del intervalo de 34.1658 a 77.8837 kilogramos diarios.

a.6) Análisis del cuadro 5.18

Observando el cuadro 5.18, se tiene que la mayor cantidad de componentes que se encuentran en los residuos sólidos son residuos de jardín con una proporción que se encuentra en un intervalo de 0.55692 - 0.68519 , seguido por papel y cartón con un intervalo de 0.12981 - 0.25804.

Como se puede observar en los intervalos de proporciones para vidrio (-0.00137) a 0.02467 y (-0.00114) a 0.00930 para madera los intervalos incluyen



valores negativos lo que significa que las cantidades verdaderas de vidrio y madera pueden ser cero.

a.7) Análisis del cuadro 5.19

Observando el cuadro 5.19, se tiene que la mayor cantidad de componentes que se encuentran en los residuos sólidos son residuos de comida con una proporción que se encuentra en un intervalo de 0.4024 - 0.5189, seguido por plástico con un intervalo de 0.1948 - 0.2105 y papel cartón con una proporción que va desde 0.1129 a 0.2462.

El intervalo más bajo es reportado por residuos de jardín con intervalo de 0.0048 - 0.0437.

5.3.2 Análisis Físicos

Los análisis físicos de los residuos sólidos incluyen:

- a) Densidad no compactada.
- b) Humedad.
- c) Cenizas.

Estos parámetros nos dan información importante para el diseño de modelos de tratamientos de los residuos sólidos.

Para determinar el tipo de tratamiento, ya sea de reducción en el origen o de disposición final, es necesario el conocimiento de estos parámetros, los cuales serán la base para diseñar los proyectos de gestión integral de residuos en la Universidad de El Salvador, desarrollados en la sección 7

a) Prueba de Densidad No Compactada de Residuos Sólidos Generados en la Universidad de El Salvador.

Se utilizó la densidad no compactada ya que esta brinda un dato real acerca del volumen que los residuos sólidos presentan en un contenedor. (A diferencia de

la densidad compactada que es un dato no constante debido a la variación que se puede ejercer al compactar los residuos sólidos).

El procedimiento para determinar la densidad no compactada es el siguiente:

- a) Se prepara un recipiente cilíndrico que servirá para el muestreo y una balanza.
- b) Se pesa el recipiente y se mide su volumen.
- c) Se pone la basura en el recipiente sin hacer presión y se remece de manera que se llene los espacios vacíos en el mismo.
- d) Se pesa una vez lleno y por diferencia se obtiene el peso de la basura.
- e) Se obtiene la densidad de la basura al dividir su peso en kilogramos entre el volumen del recipiente en metros cúbicos.

La densidad no compactada se obtiene a utilizando la ecuación 5.1:

$$\text{Densidad} = P/V \quad (\text{ecuación 5.1})$$

Donde:

P = Peso de los residuos sólidos contenidos en el recipiente

V = Volumen del recipiente utilizado para la prueba de densidad

Volumen del Recipiente = V

$$V = \pi r^2 h \quad (\text{ecuación 5.2})$$

Donde:

r = radio del recipiente utilizado para la prueba de densidad

h = altura del recipiente utilizado para la prueba

$$r = 29 \text{ cm}$$

$$h = 82 \text{ cm}$$

$$V = \pi \times (29 \text{ cm})^2 \times (82 \text{ cm}) \times (1 \text{ m}^3 / (100 \text{ cm})^3)$$

$$V = 0.2166 \text{ m}^3$$

$$\text{Peso de recipiente} = 10 \text{ Kg}$$

En el cuadro 5.20 se presenta los datos promedios de densidad no compactada para los residuos sólidos acumulados en los contenedores de la Universidad de El Salvador.

Cuadro 5.20 Promedio de Datos en el Calculo de Densidad No Compactada para los Residuos Sólidos por Contenedor.

CONTENEDOR	DENSIDAD (KG/M ³)
Ingeniería	176.3232
Oficina Central	53.0516
Deportes	135.6741
PROMEDIO	121.6831

b) Humedad.

La determinación de la Humedad se realizó en base a la Norma Mexicana NOM-AA-16-1984 (ver Anexo D). El dato de humedad obtenido para los residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador se reporta en el cuadro 5.21.

Cuadro 5.21 Resultados del Análisis de Humedad de los Residuos Sólidos de la Universidad De El Salvador.

ANÁLISIS FÍSICOS	RESULTADOS
Humedad	9.53 %

c) Cenizas.

Este análisis se realizó siguiendo la Norma Mexicana NOM-AA-18-1984 para residuos sólidos (ver Anexo D). El dato obtenido para los residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador se reporta en el cuadro 5.22.

Cuadro 5.22 Resultados del Análisis de Cenizas de los Residuos Sólidos de la Universidad De El Salvador.

ANÁLISIS FÍSICOS	RESULTADOS
Cenizas	15.18 %

La determinación de Humedad y Cenizas fueron realizados por el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

5.3.3 Análisis Fisicoquímicos.

Para realizar los análisis fisicoquímicos de los residuos sólidos se trabajo con una muestra de 1 Kg obtenida a partir del cuarteo según la Norma Mexicana NOM-AA-15-1985 (Anexo D).

La preparación de la muestra se hizo en base a la Norma Mexicana NOM-AA-52-1985 (Anexo D) donde se establece su análisis en el laboratorio. Para ello es necesario que la muestra se reduzca previamente a un tamaño máximo de 5 cm. posteriormente se vertió en un molino de Nixtamal, para así obtener un producto más homogéneo y de menor tamaño. Se tuvo el cuidado que la muestra fuese fresca, ya que después de 8 horas la muestra no es adecuada.

Los análisis físicos y fisicoquímicos fueron realizados en la Universidad de El Salvador en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agronómicas a cargo de la Dr. Cañas de Moreno (ver Anexo E). Sin embargo la medición de pH fue realizado en los Laboratorios de la Planta Piloto de Ingeniería Química. En el cuadro 5.21 se muestran los datos obtenidos a partir del análisis de laboratorio.

Los análisis fisicoquímicos se realizaron según lo planteado en las siguientes normas mexicanas para residuos sólidos (ver Anexo D):

Determinación de Materia Orgánica	NOM-AA-21-1984
Determinación de pH	NOM-AA-25-1984
Determinación de Fósforo	DGN-AA-32-1984
Determinación de Azufre	NOM-AA-40-1984

La determinación del carbono y el hidrogeno se realizó a partir de ecuaciones teóricas utilizando el dato de materia orgánica y el nitrógeno total, siempre tomando en cuenta las normas mexicanas.

La determinación del nitrógeno total se realizó por el método de Micro Kjeldahl.

En el cuadro 5.23 se muestran los datos obtenidos del análisis fisicoquímicos de los residuos sólidos realizados en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

Cuadro 5.23 Análisis Fisicoquímicos de los Residuos Sólidos de la Universidad de El Salvador.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS	VALORES
Nitrógeno total	0.617 %
Carbono total	26.84%
Materia orgánica	46.17
Azufre	Negativo
Fósforo	0.59% (% P ₂ O ₅)
Hidrógeno	3.08%
PH	6.49

5.4 Determinación de la Producción Percápita de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

La producción percápita de residuos sólidos es llamada también tasa de generación de residuos sólidos; y expresa la proporción entre la cantidad total de residuos sólidos que se recoge y la población atendida. La ecuación 5.3 se utiliza para obtener este dato.

(ecuación 5.3):

$$PPC = \frac{\text{Cantidad total de residuos sólidos que se recolectan (Kg/día)}}{\text{Población atendida (Habitantes/día)}}$$

La cantidad de residuos generados en la Universidad de El Salvador oscila dentro del siguiente intervalo = **145.7540 - 225.2398 Kg/día** . (Ver Cuadro 5.17).

La población atendida es de 23,338 (Estudiantes y Personal Docente y Administrativo). Datos proporcionados por la Oficina de Personal y las Secciones de Administración Académica de la Universidad de El Salvador.

La cantidad de residuos generados por los cafetines no se incluyeron en este calculo, ya que estos residuos no se acumulan en los contenedores de la Universidad de El Salvador, estos son transportados diariamente por el camión recolector municipal para su disposición final.

$$PPC1 = 0.006245 \text{ Kg/Hab-día}$$

$$PPC2 = 0.009651 \text{ Kg/Hab-día.}$$

$$PPC = 0.006245 - 0.009651 \text{ Kg/Hab-día.}$$

Este dato reporta la cantidad de residuos sólidos generados por los habitantes universitarios, durante un día de labores en la Universidad de El Salvador.

6.0 TRABAJO DE CAMPO PARA EL DIAGNOSTICO DEL SECTOR LIMPIEZA EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Como parte del diagnóstico ambiental en la Universidad de El Salvador, se realizaron encuestas a las personas encargadas de la limpieza, las cuales tienen como objetivo conocer diferentes aspectos relacionados al sector limpieza y recolección de desechos sólidos, en todas las Facultades y Areas Verdes dentro del campus. (Ver encuesta Anexo F).

Las entrevistas se llevaron a cabo del 27 al 29 de Septiembre de 1999, a los conserjes de cada Facultad o según el caso a los Administradores Financieros y Sub-Gerente de Servicios. Para la realización de las entrevistas se identificó a cada responsable de la limpieza y se habló con ellos directamente, explicándoles el objetivo de dicha encuesta, completando de esta manera el cuestionario antes mencionado.

En general con esta encuesta se pretende conocer, equipos de seguridad existentes en cada Facultad, incidentes provocados con el manejo de la basura, además evaluar qué conocimiento tienen los encargados de la limpieza sobre gestión ambiental, además de conocer algunas opiniones por parte de los trabajadores, sobre ¿Cuáles son las posibles soluciones al problema de los residuos sólidos en la Universidad de El Salvador?.

Los cuadros 6.1 hasta el 6.9 describen los resultados obtenidos de las encuestas realizadas a los encargados del sector limpieza en la Universidad de El Salvador como parte del trabajo de campo para el diagnóstico del mencionado sector en la Universidad de El Salvador.

Cuadro 6.1 Responsabilidad del Manejo de Residuos Sólidos.

ENCARGADO DE LIMPIEZA	FRECUENCIA ABSOLUTA.
Administrador Financiero	2
Conserje	7
Otro	1

Cuadro 6.2 Equipos y Medidas de Seguridad.

EQUIPOS DE SEGURIDAD	FRECUENCIA ABSOLUTA.
Guantes	10
Botas	3
Mascarillas	9
Uniformes (gabachas)	8
Vacunación	1
Otros	2

Cuadro 6.3 Grado de Aceptación del Equipo y Normas de Seguridad

GRADO DE ACEPTACIÓN DEL EQUIPO DE SEGURIDAD.	FRECUENCIA ABSOLUTA.
Ninguno	1
Poco	7
Algo	1
Mucho	1

Cuadro 6.4 Incidentes Provocados por el Manejo de Residuos Sólidos.

INCIDENTES O ENFERMEDADES	FRECUENCIA ABSOLUTA
Hepatitis	0
Hongos	5
Heridas	2
Otros	0

Cuadro 6.5 Grado de Ocurrencia de Incidentes Provocados por el Manejo de Basura.

GRADO DE OCURRENCIA DE INCIDENTES	FRECUENCIA ABSOLUTA
Ninguno	4
Poco	6
Algo	0
Mucho	0

Cuadro 6.6 Recuperación de Residuos Sólidos dentro de la Universidad de El Salvador.

RECUPERACIÓN DE RESIDUOS	FRECUENCIA ABSOLUTA
Si	0
No	10

Cuadro 6.7 Conocimiento Sobre Técnicas de Gestión Ambiental.

TÉCNICAS DE GESTIÓN AMBIENTAL	FRECUENCIA ABSOLUTA
Reuso	1
Reciclaje	4
Biodegradación	1

Cuadro 6.8 Disposición Final de los Residuos Sólidos.

DISPOSICIÓN FINAL DE LOS RESIDUOS	FRECUENCIA ABSOLUTA
Los Envía al Basurero Municipal	10
Los Entierra Dentro de la UES	0
Los Quema a Cielo Abierto	0

Cuadro 6.9 Soluciones Recomendadas para el Mejoramiento del Sistema Actual de Limpieza dentro de la Universidad de El Salvador.

SOLUCIONES RECOMENDADAS	FRECUENCIA ABSOLUTA
Aumentar el número de trabajadores	5
Disponer de más y mejores recursos para el sector limpieza	8
Campaña educativa en toda la UES	9
Colocar más basureros	8
Vender los materiales subutilizados dentro de la UES	6
Compostaje	4
Realizar proyectos para la utilización de algunos residuos	2

6.1 Análisis de los Resultados para el Trabajo de Campo para el Diagnostico del Sector Limpieza en la Universidad de El Salvador.

a) Análisis del Cuadro 6.1

El cuadro 6.1 resume quién posee la responsabilidad del manejo de los residuos sólidos dentro de la Universidad de El Salvador en las nueve Facultades y la Sub-Gerencia de Servicios.

a.1) Observaciones

Las Facultades en las cuales el Administrador financiero, se encarga del área de limpieza son: Facultad de Ciencias Agronómicas y Facultad de Ciencias y Humanidades. Así como el encargado de la limpieza de áreas verdes esta a cargo del Sub-Gerente de Servicios. El 70% de los servicios de limpieza en la Universidad de El Salvador es manejado por el conserje, persona que además se encarga de otras tareas.

b) Análisis del Cuadro 6.2

En este cuadro se describen cuántas Facultades de las 10 (Incluyendo la Sub-Gerencia de Servicios) cuentan con equipos y medidas de seguridad.

b.1) Observaciones.

Como se observa en la figura 6.1 todas las instancias indicadas dedicadas a la recolección de los residuos sólidos cuentan con guantes para ser proporcionados a los trabajadores, cuando ellos los requieran, seguido de las mascarillas y los uniformes. Sin embargo otros; como botas, lejía o vacunas son proporcionados en una menor cantidad. Por ejemplo las vacunas solo son proporcionadas en la Facultad de Odontología, a aquellas personas que realizan la limpieza en las clínicas odontológicas.

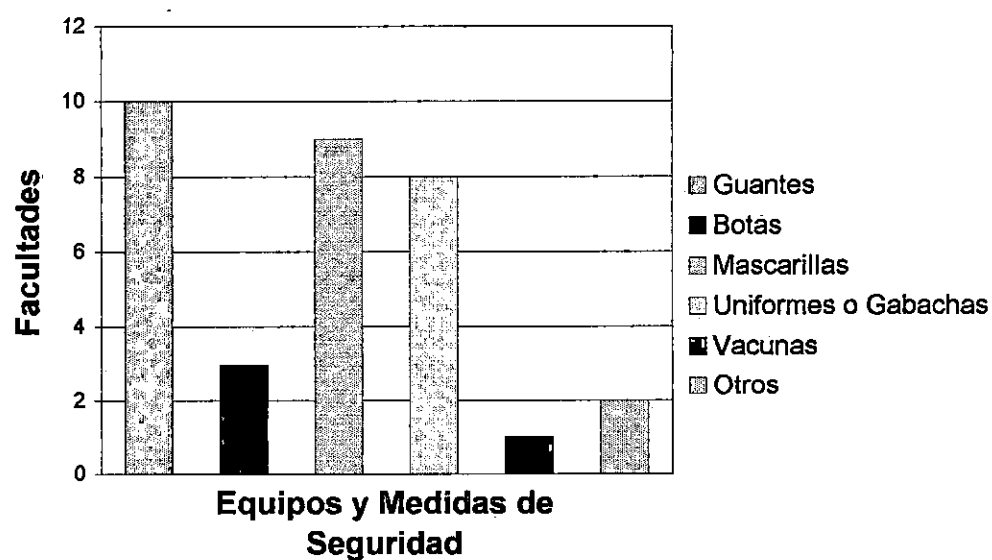


Figura 6.1 Representa los Equipos y Medidas de Seguridad Utilizadas por los Trabajadores de la Limpieza en la Universidad de El Salvador.

c) Análisis del Cuadro 6.3

En este cuadro se describe cuál es el grado de aceptación de las normas y equipos de seguridad por parte de los trabajadores en cada Facultad.

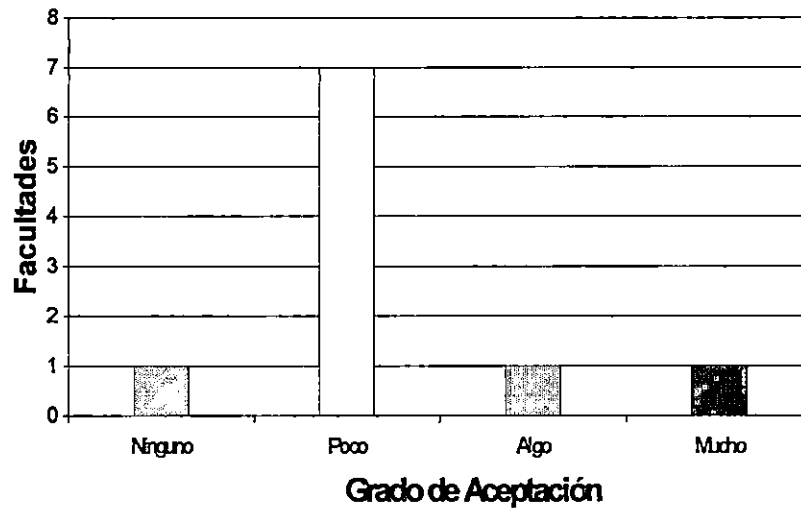


Figura 6.2 Grado de Aceptación de las Normas y Medidas de Seguridad por Parte de los Trabajadores de la Limpieza en la Universidad de El Salvador.

c.1) Observaciones.

En la figura 6.2 se observa que la aceptación de este tipo de equipos y medidas de seguridad son mínimos y los utilizan únicamente dependiendo del tipo de labor que realizan, por ejemplo lavar los servicios sanitarios. Los trabajadores no los utilizan ya sea porque sienten incomodidad al usarlos, o porque simplemente no lo consideran necesario, de tal manera que optan por no hacerlo.

d) Análisis del Cuadro 6.4

En este cuadro se describe el tipo de incidentes ocurridos en cada Facultad por el manejo de los residuos sólidos, el cuadro 6.4 incluye aquellas enfermedades comunes provocadas por la manipulación de los residuos sólidos.

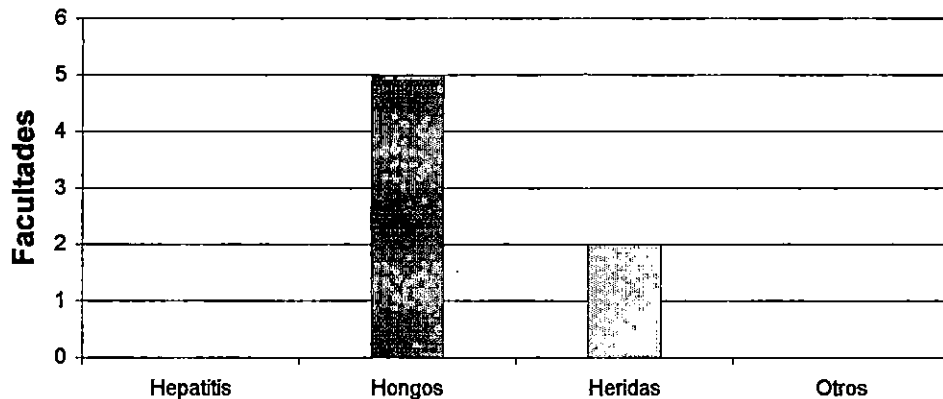


Figura 6.3 Incidentes o Enfermedades Producidas Durante el Manejo de los Residuos Sólidos.

d.1) Observaciones.

Los datos obtenidos en las encuestas indican que los únicos incidentes en el manejo de la basura son hongos en alguna parte del cuerpo, algunos casos de heridas no graves, causadas con algún instrumento de limpieza, y no se reporta ningún caso de hepatitis u otra enfermedad, según se observa en la figura 6.3.

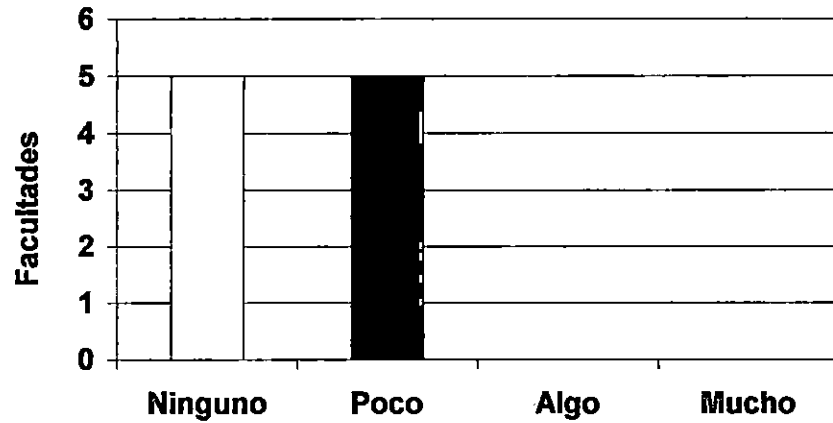


Figura 6.4 Grado de Ocurrencia de los Incidentes Durante el Manejo de los Residuos Sólidos.

e) Análisis del Cuadro 6.5

El grado con el cuál ocurren los incidentes o enfermedades causadas por el manejo de los residuos sólidos es descrito en este cuadro.

e.1) Observaciones.

Las enfermedades o incidentes mencionados en el cuadro 6.5 y como lo muestra la figura 6.4 se dan de forma mínima y no son de ninguna manera graves sino leves.

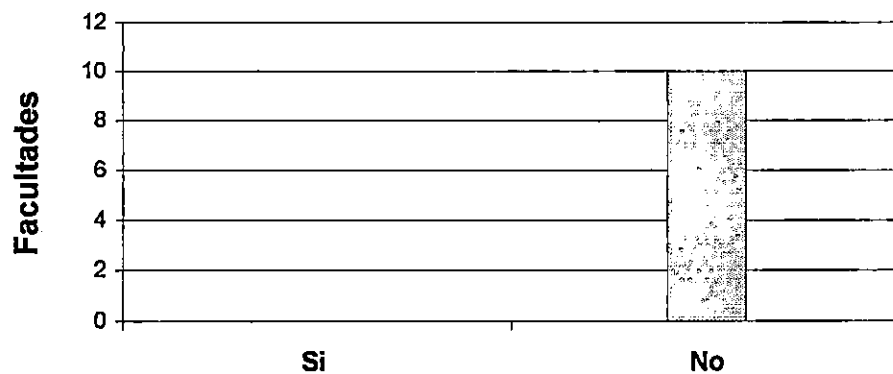


Figura 6.5 Recuperación de los residuos sólidos en la Universidad de El Salvador.

f) Análisis del Cuadro 6.6

En este cuadro se describe si existe recuperación de residuos en alguna de las Facultades o áreas dentro de la Universidad de El Salvador.

f.1) Observaciones.

Tal como se observa en la figura 6.5 dentro de la Universidad de El Salvador no se realiza la recuperación de ningún material como: papel, plástico, aluminio o residuos de jardín. Todo el material es llevado a los contenedores sin ningún tipo de separación, ni recuperación.



Figura 6.6. Conocimiento de los Encargados del Area de Limpieza Sobre Técnicas de Gestión Ambiental.

g) Análisis del Cuadro 6.7

Este cuadro 6.7 refleja cuál es el conocimiento sobre técnicas de reciclaje por parte de los empleados del área de limpieza.

g.1) Observaciones.

El conocimiento que se tiene sobre las Técnicas de Gestión Ambiental, no es muy amplio y se puede observar en la figura 6.6 que no todos los encargados del área de limpieza tienen conocimiento éstas. De las diez personas encuestadas el 60% no posee conocimiento sobre las mencionas técnicas ambientales.

h) Análisis del Cuadro 6.8.

En este cuadro se muestra cómo las Facultades realizan la disposición final de los residuos sólidos.

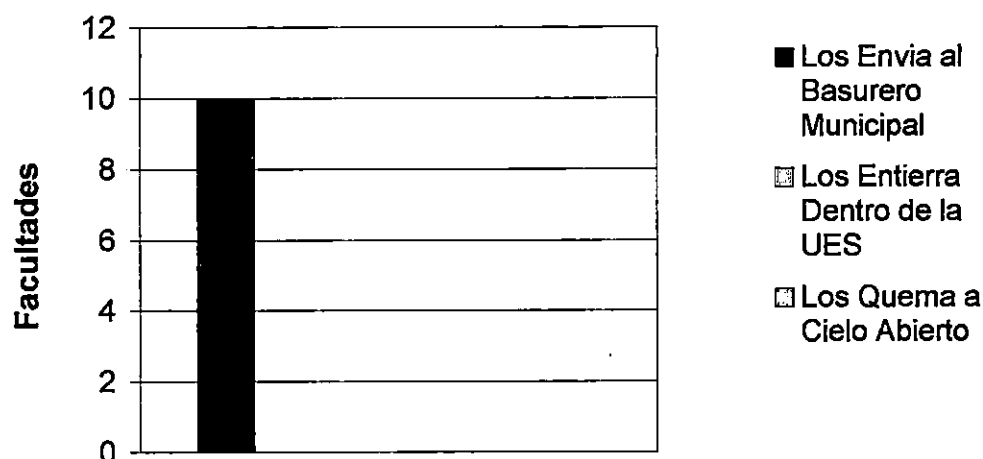


Figura 6.7 Forma de realización de la Disposición Final de los Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador.

h.1) Observaciones.

Como ya se ha mencionado antes, y como se observa en la figura 6.7 todos los residuos generados por la Universidad de El Salvador son enviados al basurero Municipal ubicado en Nejapa. La información obtenida de las encuestas indica que

no se realiza la quema de ningún material dentro de la Universidad de El Salvador, ni tampoco se entierra.

i) Análisis del Cuadro 6.9

Este cuadro contiene algunas de las soluciones recomendadas, para el problema de los residuos sólidos, por parte de los encargados del sector limpieza dentro de la Universidad de El Salvador.

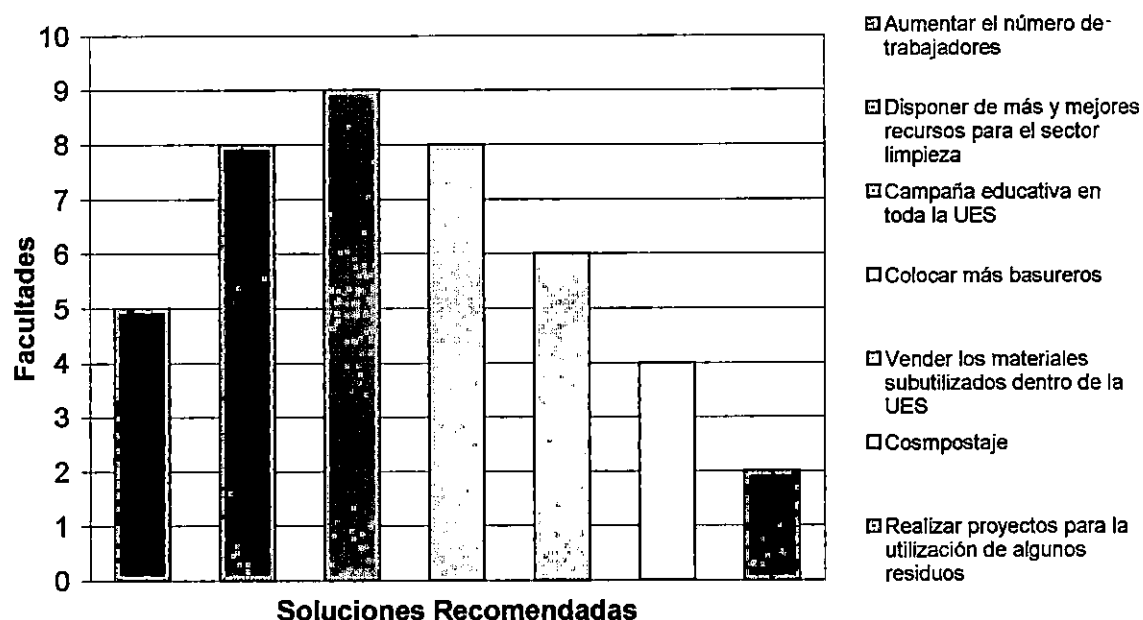


Figura 6.8 Recomendaciones Realizadas por los Encargados del Sector Limpieza Dentro de la Universidad de El Salvador para el Mejor Manejo y Disposición Final de los Desechos Sólidos Dentro de la Universidad de El Salvador.

i. 1) Observaciones.

Según se observa en el figura 6.8, el mayor número de personas encuestadas opinó, que la mejor solución sería: realizar una campaña educativa en la Universidad. Así mismo otras dos opciones más apoyadas fueron: colocar más

basureros y disponer de más y mejores recursos. También es importante hacer notar que las opciones como reuso, compostaje y reciclaje fueron en menor grado mencionadas, por el hecho que los trabajadores tiene poco o ningún conocimiento sobre estas técnicas de gestión ambiental.

7.0 PROPUESTA PARA LA GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS EN LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

Reducir la generación de los desechos sólidos y su toxicidad en la fuente, es la forma más sencilla y económica de disminuir el impacto negativo de la acumulación de residuos sólidos.

El manejo apropiado de los residuos sólidos comienza con la segregación, que es la primera y más importante operación, y que requiere de la participación activa y consciente de toda la Comunidad Universitaria. La recolección, almacenamiento y transporte interno, son operaciones que están a cargo del sector limpieza de cada Facultad y requieren de una logística apropiada, ya que generalmente son aspectos deficientes y poco atendidos.

Hay que considerar que la gestión integral de residuos sólidos incluye desde la Legislación y normación técnica, hasta los procesos de reducción en fuente, recolección, reciclaje y disposición final, sin embargo es de hacer énfasis que cualquier propuesta debe basarse, antes que nada, en cambios de los hábitos de consumo y producción, a partir de la cual se podrán desarrollar nuevas conductas sociales.

Según el estudio de la cantidad de residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador este reporta un dato de 6.134 ton de residuos sólidos por semana, los cuales por no estar separados, representan mayor contaminación para los contenedores y menor tiempo de vida para el relleno sanitario, por lo que urge la implementación de programas encaminados a la disminución o tratamiento de los residuos sólido generados en la Universidad de El Salvador.

Con el conocimiento de las fracciones de los elementos de los residuos sólidos obtenidos en la etapa experimental se sugieren las siguientes propuestas para la mencionada Gestión de Residuos Sólidos en la Universidad de El Salvador, con la finalidad de controlar y reducir la cantidad de residuos sólidos generados, así como de realizar una adecuada disposición de éstos. A continuación se presentan los proyectos que se pueden implementar en la Universidad de El Salvador :

- a) Creación de la Unidad de Medio Ambiente en la Universidad de El Salvador.
- b) Programa de Concientización.
- c) Programa de reducción en el Origen.
- d) Programa de compostaje
- e) Programa de reciclaje
- f) Disposición final de los residuos sólidos en la Facultad de Odontología.

7.1 Creación de la Unidad de Medio Ambiente en la Universidad de El Salvador.

La Universidad de El Salvador a pesar de contar con departamentos que se relacionan con el área ambiental, no existe una coordinación entre ellos para desarrollar proyectos que den soluciones al problema de la generación de residuos sólidos.

Las Facultades o carreras de ciencias desarrollan estudios así como proyectos que dan soluciones a los problemas de generación de residuos sólidos, pero en la mayoría de los casos, se quedan a nivel de departamento y no son conocidos ni por las autoridades de la Universidad de El Salvador ni por el resto de la comunidad universitaria, limitándose el campo de acción del proyecto y disminuyendo las ventajas que se podrían obtener al trabajar coordinados con los departamentos de limpieza de todas las Facultades.

Por lo tanto, es necesario una coordinación de las actividades del área ambiental para todos los sectores de la Universidad de El Salvador con el fin de implementar proyectos que disminuyan la generación de residuos sólidos, así como la implementación de estudios o programas consecutivos que mejoren las técnicas de limpieza actualmente utilizados en el campus universitario. Todo lo anterior no se puede llevar a cabo como Facultades o departamentos individuales porque los costos de proyectos ambientales son altos y se necesita de personal, por lo que la unión de los sectores universitarios con una coordinación de especialistas en el área ambiental por medio de una Unidad de Medio Ambiente para la Universidad de El Salvador podrá formular proyectos con todo el personal del sector limpieza, con la comunidad estudiantil, con el aporte de docentes y de proyectos de investigación,

así como la búsqueda de apoyo de instituciones estatales o empresas privadas con lo que se incrementen las posibilidades de implementar proyectos a corto plazo con beneficio para la comunidad universitaria y como aporte para la sociedad salvadoreña.

a) Descripción.

Para la creación de la Unidad de Medio Ambiente para la Universidad de El Salvador se agruparan docentes especialistas en el área ambiental, planificación de proyectos y sector educativo que coordinaran actividades con el fin de minimizar la generación de residuos sólidos en el campus.

Las responsabilidades que tendrá a su cargo esta Unidad de Medio Ambiente será:

- a. Estudios sobre la generación de residuos sólidos que aporten soluciones a este problema. Encargarse de monitorear la generación de residuos sólidos por ciclo en la Universidad de El Salvador con el fin de planificar las estrategias para los subsiguientes años.
- b. Introducir a las diferentes curriculas académicas temas de medio ambiente con el fin de concientizar al estudiante no importando la especialidad. Esto implica la puesta en marcha de una política educativa para generar un conocimiento ambiental para que el nuevo profesional pueda contribuir a la sociedad en la conservación de los recursos naturales y tome conciencia que puede aportar soluciones desde el cargo que desempeñe.
- c. Planificación de los cursos, capacitaciones, seminarios que se impartirían a empleados de los diferentes Unidades en la Universidad de El Salvador, al igual que charlas destinadas a estudiantes. Todo con el fin de generar conciencia sobre la disposición de los residuos sólidos e incentivar una mayor participación de la comunidad universitaria en las prioridades y gestiones ambientales.
- d. Elaboración de un plan concreto para tener limpia la ciudad universitaria.
- e. Realizar proyectos de intercambio de capacitaciones con instituciones estatales o privadas, por el aporte de implemento o tecnología que pueda ser utilizado para disminuir los residuos sólidos en el campus.

- f. Coordinar programas de apoyo para el estudio de los residuos sólidos dentro y fuera de la Universidad de El Salvador gestionando financiamiento con entidades interesadas en ésta área.
- g. Desarrollar programas de recuperación en el origen de residuos sólidos (papel, cartón, vidrio, latas de aluminio, etc.) reutilizables con el propósito de disminuir la contaminación de los residuos sólidos en la ciudad de San Salvador, ya que el campus universitario por tener alta población genera residuos sólidos en grandes cantidades que tienen su disposición final en el relleno sanitario del AMSS.
- h. Supervisar que el personal dedicado a la limpieza del campus universitario lleve a la práctica las normas de higiene y seguridad con el fin de evitar accidentes y enfermedades así como para el mejor manejo de los residuos sólidos.

7.2 Programa de Concientización.

Un programa de concientización ambiental brinda elementos teóricos y prácticos sobre la problemática de los residuos sólidos, separación, recolección, reuso, etc.. Así mismo, el programa de concientización deberá entenderse como un proceso formativo y permanente que tenga como finalidad modificar actitudes y comportamientos relacionados con el manejo adecuado de los residuos sólidos y de buscar, a su vez, elevar los niveles de comprensión sobre los problemas de medio ambiente.

Este programa de concientización no solo se debe enfocar a las personas encargadas de realizar el aseo en el campus, sino a la comunidad universitaria (estudiantes, docentes, administrativos) para que contribuyan a disminuir la generación de residuos sólidos y trabajen conjuntamente en los proyectos, con el fin de dar soluciones concretas. El programa de concientización promoverá la adquisición de nuevos hábitos de generación, tratamiento y reutilización de los residuos sólidos, tratando al máximo de generar conciencia sobre la comunidad universitaria. Para el caso específico se enfocará por separado el programa de concientización : a) el sector de empleado de limpieza y b) la campaña dirigida a la comunidad estudiantil, docentes y administrativos.

7.2.1 Programa de Concientización para Empleados del Sector Limpieza.

a) Objetivos.

- Capacitar al personal de limpieza sobre el manejo de residuos sólidos y prevención de accidentes.
- Capacitar al personal de limpieza en los conceptos básicos aplicados a la gestión de residuos sólidos.
- Conocer técnicas de higiene y seguridad en el manejo de residuos sólidos.

b) Descripción.

Cursos cortos, ciclos de conferencias, capacitaciones que contribuyen a centrar la atención del personal de limpieza en los problemas ambientales.

En estos cursos, se impartirá conocimientos teóricos sencillos, que podrán ser reforzado con separatas que describan los conceptos, de ser posible con dibujos, para que sean fácilmente asimilados. Como por ejemplo, se puede informar a estas personas acerca de conceptos como:

- ◆ ¿Qué son los residuos sólidos?
- ◆ ¿Qué son los residuos sólidos orgánicos?
- ◆ ¿Qué es el compostaje?
- ◆ Formas de manejo, separación y recolección de los residuos sólidos
- ◆ Usos y beneficios
- ◆ Normas de seguridad

Estas charlas se enfocaran en el contacto del individuo con los problemas, efectos y situación actual de los residuos sólidos en la Universidad de El Salvador con el objetivo de crear una conciencia de reflexión.

7.2.2 Programa de Concientización para Estudiantes, Docentes y Administrativos.

a) Objetivos.

- Crear conciencia en la manera más adecuada de disponer los residuos sólidos.
- Educar con relación a la disposición de los residuos sólidos.

b) Descripción.

Para desarrollar la concientización ambiental en los estudiantes será necesario adaptar a las materias de las currículas, programas relacionados al área del medio ambiente, sin importar que el área de trabajo no se relacione con el medio ambiente.

La incorporación de la dimensión ambiental en la currícula de las carreras profesionales y en programas de investigación implica la puesta en marcha de una política educativa para generar un conocimiento ambiental a través de la transformación de los modelos actuales y la elaboración de nuevos contenidos para la formación ambiental de nuevos profesionales, que implica la formación de habilidades técnicas y científicas que, en el eje profesional, incidan en la gestión ambiental del proceso de desarrollo y el manejo de los recursos naturales.

Algunos de los programas que pueden crearse para involucrar a la comunidad estudiantil son:

- ◆ Áreas Humanísticas diseñen campañas educativas para toda la Comunidad Universitaria como proyecto de horas sociales o trabajos de graduación.
- ◆ Facultad de Agronomía así como la Facultad de Ciencias Naturales tenga a su cargo la disposición y reuso de los residuos orgánicos, ya que le pueden servir como material para proyectos de sus materias de estudios, así como para trabajos de graduación.
- ◆ Facultad de Ingeniería y Arquitectura coordine proyectos para la mejor disposición de los residuos sólidos, tanto en el área de diseño como de distribución de lugares de disposición final de los residuos sólidos. Al mismo

tiempo que investigue técnicas de reuso y reciclajes que puedan ser aplicadas en la Universidad de El Salvador.

Para el sector docente, es necesario hacerles conciencia de que ellos como formadores pueden influir directamente sobre el estudiante en los hábitos de disposición de los residuos sólidos. No permitir que las aulas se impartan clases si estas no están completamente aseadas, así mismo instruir al estudiante como disponer de los residuos sólidos en las aulas con el fin de dejarlas con el mismo grado de limpieza con la que se han encontrado.

Para el sector administrativo, instruirlos de cómo disponer de los residuos sólidos, especialmente el papel que es la mayor generación provenientes de oficinas con el fin de reutilizarlo o reciclarlo y que no finalicen en los contenedores de la Universidad de El Salvador.

Para el programa de concientización se hará uso de publicidad como carteles y boletines, charlas así como de la Radio Universitaria para motivar a realizar mejor trabajo en la disposición de los residuos sólidos. Con esta colaboración de la mayoría de la población universitaria se puede facilitar el trabajo de las personas encargadas de limpieza.

Dentro de los parámetros que hay que tomar en cuenta en una campaña se pueden mencionar:

- a) Anuncio del inicio del programa con dos semanas de anticipación como mínimo.
- b) Para hacer el anuncio más eficaz, se deben repartir folletos informativos a toda la comunidad que se desea involucrar.
- c) Asegurarse que las personas vean, lean y escuchen acerca del programa que se quiere implementar, y que sepan como participar y entiendan lo que se espera de ellas.
- d) Educación continua y recordatorio. Se debe recordar periódicamente a las personas acerca de cómo y por qué deben participar en el programa.
- e) Los hábitos deben ser reforzados manteniendo al público informado acerca de los resultados de sus esfuerzos.

7.3 Reducción en el Origen.

La reducción en el origen conlleva una serie de actitudes, en las cuales deben ir incluidas la participación de todas las personas involucradas. A continuación se presentan algunas sugerencias para reducir en el origen dentro de la Universidad de El Salvador:

- ✓ Copias a dos caras
- ✓ En reportes o investigaciones de algunas materias, imprimir a un espacio y a dos caras.
- ✓ Cuando sea posible entregar reportes o informes preliminares en discos de computadora e imprimir la última corrección.
- ✓ Reducir al máximo posible el papeleo administrativo ya sea de inscripciones, reingresos, talonarios, solicitudes de cambios de carrera o de Universidad, etc.
- ✓ Durante exámenes parciales pedir a los estudiantes utilizar todo el espacio disponible y al máximo. Proporcionar más papel únicamente cuando sea necesario.
- ✓ En la biblioteca, diseñar un sistema de préstamo de libros, tesis, etc. por computadora, para evitar el papel gastado en fichas.
- ✓ Utilizar recipientes rellenables de bebidas.
- ✓ Utilizar platos y cubiertos reutilizables.
- ✓ Hacer conciencia a todas las personas dentro del campus, que cuando compren comida para llevar, traten en la medida de lo posible de obtener menos cantidad de bolsas y empaques para los alimentos.
- ✓ A los cafetines se puede sugerir la venta de gaseosas, café o cualquier otra bebida en el envase, vasos o tazas reutilizables.
- ✓ Los estudiantes deben cuidar los pupitres, así como toda el equipo perteneciente a la Universidad de El Salvador, de forma que se reduzca la cantidad de materiales dañados. También puede darse un mantenimiento constante a estos equipos (especialmente pupitres) para que se extienda su vida útil.

- ✓ Durante la hora de almuerzo las aulas deben permanecer cerradas o en caso de no ser posible, pedir a los estudiantes no comer dentro de los salones de clase, pues generan suciedad y daño a los pupitres.

7.4 Elaboración de Compostaje a Partir de Residuos Sólidos Orgánicos Generados en la Universidad de El Salvador.

La elaboración de compostaje es la acción de transformar los residuos orgánicos, a través de procesos físicos, químicos y biológicos, en una materia más estable y resistente a acciones de las especies consumidoras.

El compostaje es una forma en que los componentes orgánicos de los residuos como almidones, proteínas y grasas por la intervención de los hongos, grandes consumidores de materias orgánicas y siempre ávidos de la misma pues ellos no tienen la capacidad de sintetizarla o formarla, y la acción de las bacterias, consumen o destruyen buena parte de materia orgánica presente. (Ver Anexo G.1)

Así se transforman las basuras en componentes más o menos homogéneos con residuos de celulosa que le confieren cierta cohesión y olor más bien desagradable.

Se considera que este producto final es muy semejante en su estructura y composición al humus de los suelos, esa sustancia que distingue a lo que llamamos "tierra negra" del suelo arable. (Ver Anexo G.1)

De acuerdo a los datos obtenidos en etapa experimental en los contenedores el 0.625 corresponden a residuos de jardín, 0.319 a residuos de comida y el 0.037 a residuos de madera (Ver Figura 5.12 Sección 5.1.3.5). En los cafetines el 0.118 corresponden a residuos de jardín y el 0.461 a residuos de comida (Ver Figura 5.13 Sección 5.1.3.5). Todos ellos son compuestos putrecibles generados en áreas verdes y cafetines.

Esto significa que aproximadamente el 0.66 y el 0.58 (sumatoria de proporciones), de los residuos sólidos totales provenientes de los contenedores y cafetines respectivamente, son putrecibles lo que implica que el proceso de producción de compostaje es una vía adecuada para el tratamiento de los residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador.

Se recomienda que el proyecto para la elaboración de compostaje puede ser llevado a cabo por la Facultad de Agronomía, esta facultad es la mas relacionada al área agrícola y presentan experiencia en la elaboración de pilas de compostaje, actualmente ellos realizan esta tarea en el campo experimental con el que ellos cuentan y de vez en cuando en los viveros y ciertas áreas de la Facultad.

También de no llevarse a cabo en la Universidad de El Salvador los residuos orgánicos pueden ser entregados a la Municipalidad para que ellos se encarguen de la elaboración de compostaje.

a) Objetivos.

- ✓ Disminuir la cantidad de residuos sólidos generados en la Universidad de El Salvador para la disposición final.
- ✓ Brindar una solución al problema de contaminación por parte de los residuos sólidos.
- ✓ Fomentar la creación de sistemas de recolección y manejo de los residuos orgánicos en la Universidad de El Salvador.
- ✓ Reducir la contaminación incontrolada tanto de origen orgánico como biológico.
- ✓ Contribuir a mejorar la calidad de los suelos y zonas deforestadas a través del uso de compostaje.

b) Descripción.

Incentivar y concientizar a todo el personal encargado de la limpieza de áreas verdes y responsables de cafetines en la separación, recolección y manejo de residuos sólidos orgánicos para su posterior conversión en compostaje.

Para la producción de compostaje a partir de estos residuos se recomiendan en primer lugar que el centro de acopio de los residuos sólidos y compostera (lugar donde se realiza el proceso de producción del compostaje), se encuentre ubicado en la Universidad de El Salvador teniendo dos opciones para ello.

Primero opción: se puede llevar a cabo en los viveros ubicados en la Facultad de Agronomía de acuerdo a la entrevista realizada al Ing. Carlos Aguirre

(especialista en proyectos de elaboración de compostaje) . El mencionaban que este proyecto es factible llevarlo a cabo en esta área.

Segunda opción: ubicado en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura específicamente en el terreno que se encuentra atrás de los edificios B y C que cuenta con área total de 1,470 m², hasta el momento no se tiene ningún proyecto para esta área (Información proporcionada por Unidad de Planificación).

De no ser posible llevarse a cabo este proyecto dentro de la Universidad de El Salvador se realizará la separación y recolección de los residuos sólidos orgánicos para entregárselo como se menciono anteriormente a la Municipalidad para que ellos realicen la producción de compostaje.

c) Separación y Recolección de Residuos Sólidos Orgánicos .

Algunos ejemplos de residuos sólidos considerados como aptos para la elaboración de compostaje (Primero hay que identificar los materiales ricos en carbono y en nitrógeno) se muestran en el cuadro 7.1.

Cuadro 7.1 Residuos Sólidos Ricos en Carbono y Nitrógeno para la Elaboración de Compostaje.

RICOS EN CARBONO	RICOS EN NITRÓGENO	
Hojas	Cáscaras de banana	Lechuga
Tela de algodón	Cáscaras de manzana	Desechos de brócoli
Pinos	Frijoles	Toronjas
Cáscaras de nueces	Pan	Hojas de alcachofa
Gramma seca	Olotes en pedazos	Cebollas
Polvo del suelo	Filtro y desecho de café	Piñas
Excrem. de Vaca	Cascaras de huevo	calabazas
Polvo de aspiradoras	Residuos de jardín	Limonos
Heno, Aserrín	flores	Papas
Cenizas de madera	algas	Gramma verde
Paja	melones	zanahorias

La separación de residuos sólidos será necesario realizarla en la fuente para el caso de los cafetines y durante la limpieza en el caso de áreas verdes.

Los cafetines tendrían que separar dentro de sus locales todos aquellos residuos orgánicos adecuados para la elaboración del compostaje como por ejemplo cáscaras de verduras y frutas los cuales se depositaran en recipientes adecuados.

Para el caso de las áreas verdes en parques y Facultades los encargados de la separación serán las personas que realizan limpieza de estos lugares, ya que solo se tomaran como residuos adecuados para la elaboración de compostaje a los residuos de jardín como: ramas, hojas, zacate, etc.

También se ha pensado que será necesario realizar una limpieza profunda como podar el césped, cortar ramas de árboles, etc., por lo menos una vez al mes en las zonas verdes que conforman la Universidad de El Salvador. De acuerdo a observaciones hechas dentro del Campus, cuando se realiza esta actividad la cantidad de residuos de jardín generados es considerable y no son aprovechados.

La forma de recolección recomienda que se haga diariamente alrededor de toda la Universidad de El Salvador, ya que por tratarse de residuos orgánicos estos tienden a descomponerse rápidamente. Tampoco es adecuado que los cafetines tengan almacenado estos residuos ya que puede existir el peligro de contaminación.

La recolección se realizaría por la tarde a partir de la 1:00 p.m. en adelante ya que es en la mañana que se da mayor generación de residuos en los cafetines y que se da la limpieza en áreas verdes. La recolección se haría con ayuda de un pick-up o un camión pequeño a la compostera ya sea ubicada en la Universidad de El Salvador o hacia la Municipalidad.

d) Proceso de Elaboración de Compostaje.

A continuación se presentan los procesos y metodología recomendadas para la elaboración de compostaje en la Universidad de El Salvador.

Aproximadamente en los contenedores de la Universidad de El Salvador se depositan un promedio total de 185.4972 Kg/diarios de residuos sólidos en general (Ver Cuadro 5.4 Sección 5.3.1.1), de los cuales más de la mitad de estos

pertenecen a residuos orgánicos (Ver Cuadro 5.15 Sección 5.3.1.4), lo que da un aproximado de 122.4282 Kg/diarios de residuos orgánicos para la producción de compostaje. Con respecto a los cafetines se tiene un promedio total de 56.0248 Kg/diarios (Ver Cuadro 5.5 Sección 5.3.1.1) de los cuales 32.4944 Kg/diarios son residuos orgánicos (Ver Cuadro 5.16 Sección 5.3.1.2). Todas estas cantidades de residuos son aptas para la elaboración de compostaje.

El área de las pilas de compostaje se recomienda que sea de 2 metros X 2 metros X 1.5 metros lo que nos da un área de 6 m³ totales, estas pilas son construidas sobre una superficie plana levantando alrededor de esta una pequeña pared de 1.5 m de alto con ayuda de ladrillos o madera, los residuos son colocados en la pila dejando un pequeño espacio libre adentro, en forma que permita el movimiento a los residuos sólidos para airearlos.

Haciendo uso del valor promedio de densidad sin compactar (asumiendo que esta densidad se puede aplicar a residuos orgánicos debido a que la mayoría de residuos correspondían a estos residuos) se tiene una idea de que la capacidad de esta pila. Los datos obtenidos y los parámetros utilizados se muestran en el cuadro 7.2.

Cuadro 7.2 Parámetros para Obtener la Capacidad de una Pila para la Elaboración de Compostaje.

PARAMETROS	DATOS
Densidad no compactada	121.68 Kg/m ³
Volumen normal de la pila	6 m ³
Capacidad	730.09 Kg

(Ver Cuadro 5.20 Sección 5.3.3.7).

El tiempo para la elaboración de compostaje es de 3 meses y se produce aproximadamente 774.60 Kg/semanales de residuos orgánicos, con estos valores se necesitaría 1 pila/semanal. Se requiere un total de 12 pilas aproximadamente para permitir la rotación.

Las instalaciones que se recomiendan para la elaboración del compostaje tienen que contar con los siguientes sectores: recepción, unidad de selección, patio de compostaje y almacenamiento de la composta.

- **Recepción**

Debe contar con una báscula para poder controlar los flujos de residuos de entrada y el flujo de compostaje de salida.

Patio de recepción donde se recolectaran los residuos sólidos que trae el camión o pik-up. Se deberá contar con palas y rastrillos que ayuden a la descarga de los residuos, el uso de una lamina metálica en forma de tolva o deslizador que ayude a descargar los residuos en la pila.

- **Unidad de selección.**

En esta área se realizará lo que es la separación de aquellos residuos voluminosos para su posterior reducción de tamaño.

- **Patio de compostaje**

Es el área de procesamiento (ubicación de las pilas) donde la sección orgánica de los residuos sólidos sufre una descomposición microbiológica para transformarse en compostaje. Debe estar pavimentado, o cubierto con arcilla compactada, dotado de un sistema de captación de residuos líquidos, aguas lluvias, y disponer de un tanque de estabilización para el tratamiento de estos líquidos.

Los residuos sólidos orgánicos se disponen en camellones o montones de forma diversa, que se revuelven periódicamente, a fin de que madure el compostaje.

Esta superficie debe tener una inclinación y contar con un sistema de drenaje para aguas residuales y pluviales que deben ser conducidas a un tanque de estabilización.

e) Metodología para la Elaboración del Compostaje

- Se necesitan residuos vegetales color verde ricos en carbono, residuos secos o color café abundantes de nitrógeno, agua y tierra. (Ver anexo G.1)

- Se debe seleccionar un lugar adecuado. En el patio o finca, lo ideal es un lugar donde la abonera no estorbe, que sea plano, donde el agua drene fácilmente, y que permita la mezcla regular de los materiales y el transporte del abono al lugar donde será utilizado. La práctica recomienda que las pilas deben tener de 3 a 4 m de largo, 1.5 a 2 m de altura y ancho indeterminado para garantizar autocalentamiento y aereación general. (Ver anexo G.1)
- Se preparan los materiales. Ya sea al aire libre o en un contenedor, los materiales deben ir en capas: primero se coloca la capa de desechos café y luego la capa de materiales verdes. Las capas se intercalan (seco, verde, seco, verde...) pero la última debe ser seca para evitar posibles malos olores y la visita de insectos. (Ver anexo G.1)
- La proporción de los materiales debe ser aproximadamente 50 por ciento de materiales café (secos o de origen animal) y 50 por ciento de materiales verdes frescos. (Ver anexo G.1)
- La abonera debe regarse con agua para mantenerla húmeda. También se le puede agregar uno o varios puños de tierra para ayudar la multiplicación de microorganismos que habitan en el suelo. (Ver anexo G.1)
- Los materiales de la abonera se deben mezclar con una frecuencia que va de cuatro a ocho días. Se debe tener en cuenta que cuanto más mezclamos, más rápido será el proceso de compostaje. (Ver anexo G.1)

Cuando llueve es conveniente tapar la abonera para evitar que los materiales se laven con el agua. (Ver anexo G.1).

f) Factores que Afectan el Compostaje.

El tiempo necesario para el compostaje de los residuos orgánicos esta asociado a varios factores que influyen en el proceso, al método empleado y a las técnicas operacionales. El compostaje natural emplea de 60 a 90 días para alcanzar la bioestabilización y de 90 a 120 días para la humificación. El compostaje acelerado tarda de 45 a 60 días para el semicurado, y de 60 a 90 días para el curado completo o humificación.

- ◆ *Oxígeno.* Aeración es necesaria para la actividad biológica y, en niveles adecuados posibilita la descomposición de la materia orgánica de una forma más rápida, sin malos olores.
- ◆ *Temperatura.* El proceso comienza a la temperatura ambiente, pero a medida que la acción microbiana se intensifica, con la aereación apropiada, la temperatura se eleva hasta alcanzar valores superiores a 55-60°C, en los que se mantiene por un período de tiempo, cuya duración depende de las características de los residuos y de la operación de la unidad de selección. La temperatura inferior a 37°C se torna en un proceso más lento y no elimina huevos, presentes en la masa. Temperaturas por encima de 60°C pueden inhibir el proceso o cesarlo.
- ◆ *Influencia del apilamiento.* La práctica recomienda que las pilas deben tener de 3 a 4 m de largo, 1.5 a 2 m de altura y ancho indeterminado. La disposición de las pilas debe ser planeada de tal manera que permita el movimiento periódico de las pilas y el tráfico de las maquinarias pesadas.
- ◆ *Humedad.* El compostaje es mantenido en una faja de humedad de 40 % a 60 % en peso seco de materia orgánica por descomponerse.
- ◆ *pH:* Los residuos sólidos domiciliaria son ácidos, con pH inicial del orden de 4.5 a 5.5. La composta orgánica debe tener un pH mínimo de 6. La composta curada humificada tiene un pH del orden de 7.0 a 8.0.
- ◆ *Granulometría:* El residuo debe tener una granulometría adecuada para el proceso según el método natural, a fin de garantizar una buena aereación de los camellones. Las dimensiones de las partículas como materia prima deben acercarse a 1.2 cm x 5 cm. El exceso de partículas finas puede provocar la producción de residuos líquidos y la formación de pegostes.
- ◆ *Relación C/N:* El carbono y el nitrógeno son dos elementos fundamentales en el proceso de compostaje. La relación para una adecuada descomposición de los elementos, debe ser de 30 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno. Una forma adecuada aunque no exacta de lograr la relación C/N es mezclando un 50% de materiales color verde que contienen carbono, con un 50% de materiales secos o color café que son ricos en nitrógeno. (López, 1998).

g) Características del Compost.

El compostaje debe presentar las siguientes características para considerarse de buena calidad:

- Granulometría: son partículas de 0.1 a 0.2 mm sin impurezas ni restos de residuos.
- Temperatura: cuando esta expuesto al aire libre debe ser de 3 a 5°C superior a la temperatura ambiente.
- Humedad: cuando esta almacenado en patios cubiertos debe ser inferior a 35%.
- Densidad: Debe ser baja y varia de 150 a 350 Kg/m³.
- Olor: debe ser tolerante y lo más parecido a tierra mojada.
- Color: Va entre café oscuro y negro.
- pH: Alcalino varia de 7.6 a 8
- Consistencia: es duro cuando esta seco y cuando esta mojado es plástico.

(López, 1998)

h) Recipientes.

Para el caso de los cafetines el tipo de recipientes más recomendables son aquellos en los cuales se puedan abrir o destapar con la ayuda del pie para que no exista contacto de las manos con el recipiente para evitar la contaminación de los alimentos con los residuos. Estos recipientes contendrán dentro de ellos bolsas plásticas donde se recolectaran los residuos, deberán estar bien tapados de tal forma que no permitan que se infiltren los malos olores al ambiente. Los basureros deberán tener un tamaño adecuado de acuerdo a la proporción de residuos sólidos orgánicos generados.

En lo que respecta a los recipientes utilizados en la limpieza de áreas verdes se recomiendan utilizar barriles plásticos grandes que permitan depositar residuos de gran volumen como ramas, estos deberán estar provistos de una carretilla que permita desplazarlos. La utilización de guantes, palas y rastrillos es importante ya que facilitan el trabajo de recolección.

Será adecuado también la limpieza de estos recipientes (de cafetines y áreas verdes) para evitar la formación de microorganismos patógenos que contaminen los residuos orgánicos, que no permitiría la producción de un buen compostaje.

i) Tipo de Servicio y Frecuencia de Recolección.

La recolección se hará diariamente por dos personas (en un camión o pick-up) que pasaran por cada cafetín a recoger los residuos orgánicos separados por ellos, lo más recomendable es que se realice al mediodía que es la hora que generalmente los residuos sólidos son recolectados por el camión de la Alcaldía Municipal.

Para el caso de los residuos de jardín recolectados en áreas verdes se hará también diariamente, las personas encargadas de la limpieza llevaran los barriles con los residuos a uno de los cinco contenedores de la Universidad de El Salvador que corresponde a esa Facultad o el contenedor que les quede más cercano, ellos dejaran los barriles cerca del contenedor para no mezclar estos residuos con la basura común que se encuentra depositada en el contenedor. Lo más adecuado es que estos barriles queden debidamente tapados para evitar la contaminación del ambiente o la contaminación de los residuos orgánicos de los barriles por la basura que se encuentra en el contenedor. El camión o pick-up encargado de la recolección pasara por cada contenedor principal a descargar o recoger los barriles que se encuentren en ese contenedor, dejara entonces los barriles vacíos cerca del contenedor para que luego las personas encargadas de la limpieza lleguen a traerlos.

j) Cobertura.

Como se mencionó antes las áreas involucradas en este proyecto serán:

- Cafetines: Cafetín Central, Química y Farmacia, ACOPUS y El Manguito.
- Areas verdes de todas las Facultades.
- Areas verdes ~~a cargo de~~ ~~la~~ ~~Sub-gerencia~~ ~~de~~ ~~Servicios~~.

k) Usos del Compostaje

El compost orgánico preparado a partir de residuos sólidos, puede mejorar características físicas, químicas y biológicas del suelo. De lo anterior se puede concluir que este se puede utilizar como abono en la agricultura y jardinería.

Ventajas que ofrece para los suelos:

- Retención de humedad del suelo en períodos de seca.
- Prevención contra la erosión.
- Porosidad del suelo.
- Fortalecimiento de algunos nutrientes principales.
- Capacidad de intercambio catiónico.

7.5 Programa de Reciclaje.

De acuerdo al análisis por componentes realizado a los residuos generados en la Universidad de El Salvador, se puede observar que un porcentaje de 27.8% representa papel y plástico, lo que indica que al realizar la separación adecuada de éstos, con lleva la disminución de la cantidad de basura destinada al basurero Municipal de San Salvador. En la figura 7.1 se muestra el porcentaje de residuos sólidos resultante de la clasificación en los contenedores de la Universidad de El Salvador.

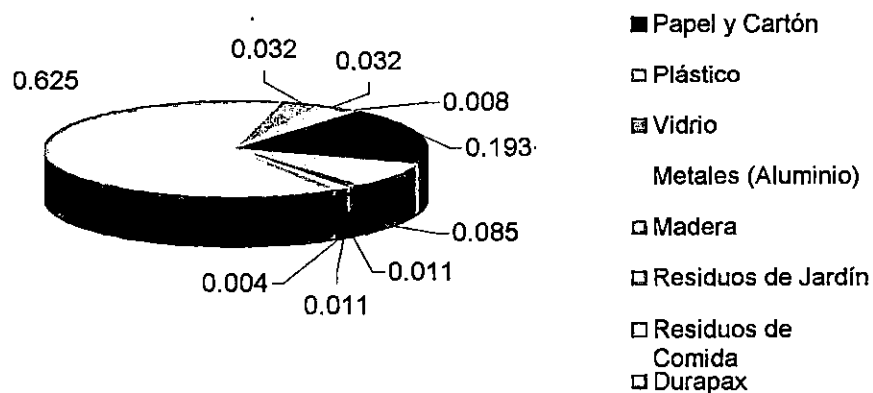


Figura 7.1 Proporciones de los Residuos Sólidos Resultante de la Clasificación en los Contenedores de la Universidad de El Salvador.

a) Objetivos

- ✓ Disminuir la cantidad de residuos sólidos para la disposición final en el Campus Universitario.
- ✓ Crear un Centro de Acopio encargado de la recolección, y administración de los materiales reciclables en el Campus Universitario.

b) Descripción.

Se propone un proyecto piloto para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, con duración de 6 meses, realizando previamente una campaña tanto informativa como educativa dirigida a todos los sectores de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura (estudiante, docentes y trabajadores). Esta campaña debe realizarse permanentemente, es decir, mientras dure la prueba piloto, así como, una vez finalizada.

Una vez finalizado el proyecto piloto se evaluarán los resultados de forma que pueda ser implementado en todas las Facultades pertenecientes a la Universidad de El Salvador.

c) Metodología.

El método más viable de implementarse es colocar únicamente dos tipos de contenedores (debidamente rotulados)¹ para la fracción reciclable (papel, plástico, aluminio) y otro para la fracción no reciclable. El cuadro 7.3 muestra la distribución de los recipientes según los lugares de ubicación, así como el tipo de residuos sólidos a ser depositados en ellos.

¹ La etiqueta que se coloque en los recipientes debe ser lo más clara y sencilla posible. Es recomendable colocar una lista de los materiales que se pueden o no reciclar, además deben incluirse recomendaciones de cómo deben colocarse es materiales.

Cuadro 7.3 Descripción de la Metodología para la Colocación de los Recipientes para el Reciclaje de los Residuos Sólidos en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

LUGAR DE UBICACIÓN	NÚMERO DE RECIPIENTES	DESCRIPCIÓN
Oficinas	2 Contenedores/ Oficina	Papel
		No Reciclable.
Aulas	2 Contenedores/ Aula	Papel, Plásticos, Latas
		No Reciclable
Areas Verdes	2 Contenedores/ Area verde	Papel, Plásticos, Latas
		No Reciclable

Este método implica una recolección relativamente simple ya que el contenido de los materiales reciclables puede hacerse durante el mismo recorrido, sin embargo debe realizarse una posterior separación (actividad que se realizará en el centro de acopio) constituyendo esto una desventaja, pero como se menciona antes resulta ser el método más viable.

d) Concientización.

El programa de reciclaje debe ir acompañado de una fuerte campaña educativa hacia todos los sectores involucrados (alumnos, maestros y trabajadores). Esta información debe ser proporcionada ya sea en forma escrita como folletos, carteles, anuncios; en reuniones con Docentes y trabajadores; así como una fuerte campaña radial a través de la ASEIAS. (Ver sección 7.2 Concientización).

e) Separación y Almacenamiento.

El material debe separarse de acuerdo si este es o no reciclable. El material para el reciclaje (en el Centro de Acopio) se debe separar según las categorías que se desean. En los cuadros 7.4 y 7.5 se muestran algunos ejemplos de clasificación del material.

Cuadro 7.4 Ejemplos de Materiales Reciclables Según la Categoría.

MATERIAL RECICLABLE			
PAPEL	PLASTICO	VIDRIO	ALUMINIO
Libretas, Periódicos	Botes de jugos o leches	Envases de alimentos	Latas de jugos, refrescos
Papel bonn, Papel de impresión	Envases de alimentos	Envases de jugos y bebidas	y cerveza
Cartón, Folders	Vasos de plástico	Envases de cerveza	
Sobres sin ventana	Bolsas		

En la clasificación de material no reciclable va todo lo que no se nombró en las divisiones anteriores.

Cuadro 7.5 Ejemplos de Materiales No Reciclables.

MATERIAL NO RECICLABLE
Cajas de Pizza
Papel encerado
Comida
Pañuelos y papel sanitario
Focos
Plumas
Papel Carbón
Envolturas de productos como papitas, chocolates, panecillos, etc.

(Ver anexo G.2)

f) Recolección.

La recolección de las dos fracciones será realizada por separado. La recolección de la fracción reciclable será efectuada directamente en cada sitio donde se coloquen los recipientes. Y la parte no reciclable de los residuos sólidos será recolectada como se realiza actualmente por los trabajadores encargados de la limpieza.

Para la recolección de la fracción reciclable se propone la utilización de bicirecolectores, los cuales son recomendados tanto por el costo, como porque ellos tienen mejor acceso a los lugares difíciles de recolección dentro de la Universidad de El Salvador.

Los bicirecolectores se encargarán de recolectar únicamente la fracción de reciclado y transportarla hasta el Centro de Acopio. La recolección de materiales reciclables puede realizarse en forma manual, sin embargo esto llevaría mucho más tiempo y personal.

Dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura los recipientes pueden ser colocados en aulas, oficinas, bibliotecas, áreas verdes, laboratorios. En el cuadro 7.6 se presenta un ejemplo de la distribución de los recipientes en diferentes lugares de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Una vez el proyecto este en proceso puede comprobarse si los sitios elegidos son los adecuados o si se requiere realizar un cambio.

El número de recipientes estimados para la Facultad de Ingeniería y Arquitectura es de 94, el tamaño de éstos dependerá del lugar donde se coloquen, es decir el espacio existente o cantidad estimada de generación de residuos reciclables. (Ver anexo G.2)

El tipo de material de los contenedores puede variar, según sea la necesidad así:

plástico, aluminio, hierro, los contenedores que se coloquen al aire libre deben ser cerrados para proteger el material recolectado durante la época de lluvia. Así mismo cuando se escoja un determinado recipiente debe considerarse el hecho que cuando éstos quedan al aire libre es necesario asegurarlos (con una cadena) para que no vayan a ser robados. (Ver anexo G.2)

Se recomienda que en los Talleres de Ingeniería Mecánica, Ingeniería Civil así como de Ingeniería Industrial se coloque recipientes metálicos (barriles), para todos aquellos materiales provenientes de sus actividades que por lo general son: aluminio, hierro de todo tipo, madera en algunos casos, de tal manera que puedan ser separados antes de llevarse a los colectores. (Ver anexo G.2)

Cuadro 7.6 Detalle de los Lugares donde se Colocarán Recipientes para Reciclaje.

LUGAR	NO. DE RECIPIENTES
Auditorio Miguel Mármol	3
Biblioteca de las Ingenierías	10
Edificio Administración Académica	2
Edificio B	6
Edificio C	6
Edificio D (incluye aula D-11)	4
Laboratorios Ciencias Básicas (F1, F2)	4
Laboratorios CIAN y Metrología	4
Aulas I (I11, I12, I13)	6
Aulas L	4
Local de la SEIAS	2
Fotocopiadora	2
Laboratorios Planta Piloto y Empaque y Embalaje	4
Decanato y Vicedecanato	2
Escuela de Ing. Química	2
Escuela de Ing. Industrial	2
Escuela de Ing. Mecánica	2
Escuela de Ing. En Sistemas Informáticos	2
Escuela de Ing. Eléctrica (incluyendo biblioteca)	6
Escuela de Ing. Civil (incluyendo aulas)	4
Escuela de Arquitectura	2
Imprenta	2
Colecturía de la Facultad	2
Áreas Verdes (mapa Ciudad Universitaria)	10

g) Centro de Acopio.

El establecimiento de un Centro de Acopio servirá como base de descarga, separación posterior y almacenamiento, así como, de su disposición, una vez exista

cantidad suficiente de materiales. Si es necesario que los materiales sean transportados hasta un lugar de destino específico, dicho centro se encargará de gestionar el uso de algún vehículo de la Universidad de El Salvador para esta actividad.

Para la elección del lugar adecuado para el Centro de Acopio deben tomarse en cuenta el hecho que se requiere un lugar amplio y cerrado así como de fácil acceso. Los contenedores para el Centro de Acopio deben ser adecuados para la separación y el transporte. (Ver anexo G.2)

En lo que respecta a la comercialización hay que considerar que de acuerdo a la Ley Orgánica de la Universidad de El Salvador, no se pueden vender los materiales recolectados, por lo que los plásticos, latas y otros pueden ser donados a las personas "pepenadoras". Sin embargo se propone que el papel sí sea comercializado, pues el dinero entrante por esta actividad podría seguir dando mantenimiento al programa de reciclaje. Para esto se recomienda el uso de una desfibradora de papel, antes de su venta, para evitar problemas por la información que poseen estos documentos. (Ver anexo G.2)

En relación al aluminio y hierro, la fuente principal de éstos dentro de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura son los pupitres en mal estado, los cuales son almacenados en lugares no adecuados. Estos materiales pueden ser donados a empresas dedicadas a la fundición de hierro y/o aluminio, logrando algún convenio donde la Universidad de El Salvador salga beneficiada. (Ver anexo G.2)

7.6 Diseño Adecuado de Contenedores para Residuos Sólidos dentro de la Universidad de El Salvador.

Para realizar una correcta disposición de los residuos sólidos dentro de la Universidad de El Salvador es necesario tener un diseño adecuado de los contenedores de forma que los trabajadores y todas las personas que permanezcan dentro del campus depositen los residuos sólidos dentro de los contenedores o recipientes destinados.

a) Descripción.

Cambiar el diseño de los contenedores:

a.1 Construir inclinaciones dentro de los contenedores de tal manera que no exista retención de líquidos lixiviados, los cuales generan problemas de malos olores.

a) Construir rampas frente a los contenedores para que las carretillas o barriles entren con mayor facilidad.

b) Construir gradas en los extremos de dichos contenedores para que las personas con recipientes pequeños tiren los residuos sólidos dentro de los contenedores y no afuera.

a.2 Reemplazar los contenedores ya existentes por recipientes metálicos, con los cuales haya una mejor recolección por parte de la municipalidad, para que ellos no tengan ningún contacto directo con los residuos generados. Estos contenedores son llamados: Contenedores Colectores Estacionarios por lo general poseen una capacidad de 0.7 a 2.0 m³.

7.7 Desechos Sólidos Hospitalarios.

Se considera desecho sólido cualquier material a partir del momento en que es descargado. Separar Desechos Sólidos Hospitalarios (DSH) son aquellos generados por actividades médicas en las diferentes instalaciones de salud. (Ver anexo G.3)

a) Fuentes de Generación.

Se llaman fuentes de generación a todos los servicios y establecimientos que, durante la prestación de servicios de salud humana o animal, producen DSH. (Ver anexo G.3)

Los principales productores de DSH son:

- Hospitales
- Centros y puestos de salud
- Laboratorios de análisis químicos

- Clínicas veterinarias
- Bancos de sangre
- Farmacias
- Clínicas odontológicas

De acuerdo a esta lista dentro de la Universidad de El Salvador podemos identificar como generadores de DSH los siguientes:

- Laboratorios de análisis químicos
- Clínicas odontológicas

Durante la etapa de muestreo de los residuos sólidos en la Universidad de El Salvador se pudo cuantificar Desechos Sólidos Hospitalarios provenientes en su mayoría de las clínicas odontológica de la Facultad de Odontología.

A continuación se presentan los problemas más graves detectados con los DSH en general, y una breve comparación con la situación actual que se tiene en la Universidad de El Salvador.

- En relación con los objetos punzocortantes, que constituyen un tipo específico de desechos hospitalarios, se ha observado que algunos hospitales separan estos desechos en contenedores de plástico resistentes. Por lo general los contenedores usados para segregarlos son totalmente inadecuados.
- En muchas instalaciones de salud ni siquiera se utilizan bolsas plásticas, sino que los DSH son llevados al almacenamiento en baldes o barriles metálicos muy pesados que, por lo general, no se lavan después de ser vaciados. En algunos centros de salud las bolsas son reutilizadas después de verter los DSH en otros recipientes o tirarlos en el piso del depósito temporal.

Para el caso de la Universidad de El Salvador estos si son colocados en bolsas plásticas, no se detecto que estas fueran reutilizadas pero si estos son

colocados en el piso del depósito temporal, específicamente en el parqueo frente a la imprenta de la Universidad de El Salvador. Las bolsas utilizadas para la recolección de los desechos hospitalarios son de color rojo, negro y amarillo colores que se recomiendan para su separación y disposición. (No realizan la separación de los desechos sólidos en la Facultad de Odontología).

- En algunos centros hospitalarios los restos de alimentos provenientes de los servicios a pacientes con enfermedades infectocontagiosas son depositados en recipientes donde se mezclan con los desechos comunes.
- Los desechos sólidos relacionados con los radiofármacos no son sellados (ampolletas, jeringas, agujas, guantes, algodón) son normalmente guardados en cajas de plomo, en un cuarto sin restricciones de acceso y sin ningún otro tipo de prevención.

En el caso de los desechos sólidos generados en las Clínicas Odontológicas no se separan ni se sellan las bolsas, tampoco se les coloca ningún tipo de etiqueta de prevención o cuidado.

- Los desechos líquidos, incluyendo las aguas procedentes del lavado de las vidrierías, de ropa contaminada, excreciones de los pacientes, líquidos radiactivos, son tirados al alcantarillado sin ningún tratamiento y precaución.

Como se mencionó anteriormente no se observó ningún tipo de separación de los desechos sólidos provenientes de Clínicas Odontológicas, estos son depositados en el parqueo sin ningún tratamiento ni precaución.

- Existe libre acceso a la mayoría de los lugares de almacenamiento temporal de los hospitales, donde los trabajadores de aseo tienen que lidiar con estos.

Los desechos hospitalarios se encuentran al aire libre en la Universidad de El Salvador, ubicados en un lugar donde transita una gran cantidad de personas además no existe ningún símbolo de precaución que prevenga a estas personas sobre el peligro de ellos. Es lógico pensar que la falta de información acerca de las medidas de precaución a tomar sobre estos desechos pone en peligro a las personas encargadas de la recolección de los desechos.

- Las agujas, jeringas, algodón y otros residuos de curaciones son depositados sin ninguna precaución en los centros de acopio temporal; su transporte se realiza con los residuos sólidos domésticos.

Esto también es una situación problemática que se presenta en la Universidad de El Salvador. Hasta el momento no se practica un manejo adecuado de estos desechos sólidos poniendo en peligro la salud de toda la población Universitaria y de las personas encargadas del aseo y manejo de estos desechos.

b) Desechos Radioactivos.

Cualquier tipo de residuo con características radiactivas o contaminado con radionucleidos es considerado un desecho radiactivo. Estos son generados en laboratorios de investigación química y biológica, en laboratorios de análisis clínicos, en los servicios de radiología y servicios de medicina nuclear. (Ver anexo G.3)

Estos desechos pueden ser sólidos o líquidos e incluye materiales o sustancias contaminadas comúnmente utilizadas en los procedimientos clínicos o de laboratorio: jeringas, frascos, orina, heces, papel absorbente, etc.

A diferencia de los otros desechos peligrosos, estos no pueden ser tratados con métodos químicos o físicos y tienen que ser aislados durante el tiempo necesario para alcanzar el decaimiento de su actividad.

En la Universidad de El Salvador se producen desechos radiactivos generados en las Clínicas Odontológicas y Bienestar Universitario, ya que prestan

servicios radiológicos. El Centro de Investigaciones Nucleares también producen desechos radiactivos. En el cuadro 7.7 se muestran los desechos sólidos comúnmente encontrados en Clínicas Odontológicas.

Cuadro 7.7 Producción de Desechos Sólidos por Servicios Odontológicos.

ACTIVIDAD	ELEMENTOS	CANTIDAD
Examen	Peto desechable	1
	Servilletas	1
Operatoria	Peto desechable	1
	Servilletas	1
	Guantes	4
	Eyector de saliva	1
	Rollos de algodón	15
	Aguja	1
	Cárpule de anestesia	1
	Banda metálica	1
	Papel para articular	1
Endodoncia	Peto desechable	1
	Servilletas	1
	Guantes	4
	Eyector de saliva	1
	Rollos de algodón	10
	Aguja	1
	Cárpule de anestesia	1
	Tela de caucho	1
	Películas de Rx	3
Higiene Oral	Peto desechable	1
	Servilletas	1
	Guantes	2
	Eyector de saliva	1
	Rollos de algodón	10
	Copa de caucho	1
Exodoncia Simple	Peto desechable	1
	Servilletas	1
	Guantes	2
	Eyector de saliva	1
	Gasas	10

Fuente: Jairo Hernán Ternera. Simposio sobre Residuos Hospitalarios. Bogotá. Universidad Nacional. 1997.

c) Objetivos.

- ✓ Concientizar a la población estudiantil y docente que maneja desechos sólidos hospitalarios sobre el problema y peligro de estos.
- ✓ Prevenir la contaminación de residuos sólidos comunes con los desechos sólidos hospitalarios.
- ✓ Proteger la salud de las personas evitando la contaminación con estos desechos.
- ✓ Fomentar buenas prácticas de manejo de desechos sólidos hospitalarios.
- ✓ Crear convenios con instituciones externas a la Universidad de El Salvador para la disposición final de estos residuos.
- ✓ Implementar un programa de gestión de desechos sólidos hospitalarios.

d) Descripción.

Implementar un programa de permanente información actualizada, concientización y capacitación, para las Clínicas Odontológicas de la Facultad de Odontología y también para las clínicas de Bienestar Universitario, que son los generadores de desechos sólidos hospitalarios.

Este programa procurara impulsar un cambio en las prácticas y actitudes de las personas, para la disminución de los residuos sólidos hospitalarios. Este programa se puede iniciar en un principio brindando charlas al personal de las clínicas, en las cuales se planteen los siguientes puntos:

- Segregación de los residuos sólidos hospitalarios.
- Medidas de seguridad a utilizar para el manejo de residuos: vestimenta adecuada.
- Formas de manejo de desechos sólidos hospitalarios: etiquetado, tipos de recipientes adecuados para la recolección, almacenamiento, etc.

Toda instalación de salud debe contar con un inspector de saneamiento que controle e impulse un plan de gestión de desechos sólidos hospitalarios, esta

persona debe estar totalmente involucrada con las actividades que se realizan en la instalación de salud, así como también tiene que estar comunicada con todo el personal y conocer las funciones que desempeñan. De esta forma podrá guiar, brindar toda la información técnica y toma de decisiones conjuntas, referente a prácticas de manejo de los desechos sólidos hospitalarios.

Este inspector deberá estar relacionado con el Ministerio de Salud el cual esta en la obligación (de acuerdo al art. 58 de la Ley del Medio Ambiente) de brindarle toda la asesoría para realizar el manejo de los desechos sólidos hospitalarios. Será entonces necesario crear un convenio entre la Facultad de Odontología y Bienestar Universitario con el Ministerio de Salud que garantice el control de la disposición final de los desechos sólidos hospitalarios.

e) Prácticas de Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios.

Dentro de la Universidad de El Salvador se pueden implementar las siguientes prácticas para el manejo de los desechos sólidos hospitalarios:

- Segregación: separar y envasar los desechos sólidos hospitalarios en las fuentes de generación de acuerdo a sus características. (Ver anexo G.3)
- Etiquetado: colocar en cada envase sellado la etiqueta correspondiente con todos los datos pertinentes que identifiquen el desecho, esto se debe realizar en la fuente de generación. (Ver anexo G.3)
- Recolección: colocar los contenedores sellados en un lugar destinado para su recolección para luego trasladarlos a lo lugar de almacenamiento temporal.
- Almacenamiento temporal: aquí se acumulan los desechos sólidos hospitalarios debe ser un sitio oportunamente acondicionado en espera de su recolección definitiva por el Ministerio de Salud.

f) Medidas de Seguridad para el Personal Involucrado en el Manejo de los Desechos Sólidos Hospitalarios.

El personal que se encuentra en contacto directo con los desechos sólidos hospitalarios debe tomar en cuenta las siguientes medidas de seguridad:

- Deberán ser vacunados contra la Hepatitis B y Tétano.
- Usar guantes resistentes, gabachas, batas o uniformes adecuados. Usarán protectores oculares y mascarillas, botas de ser necesario.
- Disponer de equipos para la higiene personal.
- Dispondrán de los materiales para el lavado, desinfección y esterilización de contenedores, áreas de trabajo y de su persona.

g) Embalaje Utilizado para la Recolección de los Desechos Sólidos Hospitalarios.

Los recipientes para el almacenamiento temporal de los desechos deben ser herméticos, resistentes a elementos punzocortantes, estabilidad, forma adecuada, facilidad de lavado, peso ligero y facilidad de transporte. Los materiales más apropiados son aquellos de acero inoxidable, polietileno de alta densidad y fibra de vidrio, entre otros materiales rígidos.

Debe generalizarse el uso de las bolsas para el manejo de desechos hospitalarios. Deben tener las siguientes características:

- Espesor 60 a 120 micrones y tamaño apropiado de acuerdo a la composición y peso del residuo.
- Resistencia, para facilitar sin riesgos la recolección y el transporte.
- Material apropiado, pueden ser de polipropileno de alta densidad (para someter el residuo a un auto clave) o simplemente de polietileno. Deben ser opacas para impedir la visibilidad del contenido.
- Impermeabilidad, a fin de impedir la introducción o eliminación de líquidos o de los desechos.

Los residuos punzocortantes y algunos residuos líquidos o semilíquidos requieren de un embalaje especial. Generalmente se utilizan recipientes y frascos de tamaño pequeño y de materiales de plástico o vidrio. Para los residuos especiales, el embalaje depende de las características de impermeabilidad, hermeticidad, inviolabilidad, de forma que dificulten al máximo su apertura y el manipuleo de su contenido.

Los recipientes, las bolsas y los lugares donde estos se ubican deben tener un código de colores e impresos visibles que indiquen el tipo de residuo y el riesgo que representan. Las normas estipulan los colores para cada tipo de residuo (por ejemplo, rojo para peligrosos, negro o blanco para los comunes y verde o amarillo para los especiales).

8.0 OBSERVACIONES.

1. La Universidad de El Salvador genera un tipo especial de residuos sólidos como ramas, tierra, barro, cerámica, yeso etc. que no son recogidos por el camión recolector de la Alcaldía Municipal por lo que la Sub-Gerencia de Servicios los deposita en la Cancha de Fútbol dentro del Campus.
2. Los residuos sólidos generados por los cafetines no son llevados a los contenedores del Campus Universitario, sino que el camión recolector de la Alcaldía Municipal los recoge directamente en dichos sitios para ser llevados al Relleno Sanitario de Nejapa.
3. Los residuos sólidos generados en Clínicas Odontológicas, Bienestar Universitario y la Facultad de Medicina son desechados como residuos comunes, sin ningún trato especial y mezclándose con los residuos domésticos.
4. Los residuos sólidos provenientes de baños son manipulados por el personal de limpieza como si fueran residuos sólidos comerciales o domésticos, no tomando en cuenta los malos olores que desarrollan y los problemas de enfermedades infecciones que pueden ocasionar, cuando éstos se mezclan con el resto de residuos sólidos.
5. Cuando se realiza inventario de productos farmacéuticos o de laboratorios y se encuentran vencidos, son llevados a los contenedores provocando contaminación debido a la alta peligrosidad de dichos productos, con los consiguientes problemas de manejo por el personal recolector de la Municipalidad ya que se encuentran mezclados con los residuos sólidos domésticos.
6. Las fotocopiadoras producen residuos sólidos como filtros, papel manchado con tinta los cuales son llevados a los contenedores mezclándose con los residuos

sólidos domésticos. La mayoría de estos productos provienen de las fotocopiadoras de las Oficinas Administrativas del Campus Universitario.

7. El Contenedor identificado como "Contenedor de Deportes" se encuentra ubicado en un lugar inaccesible para el Recolector de la Municipalidad por lo que la SubGerencia de Servicios con el camión de la Universidad de El Salvador los transporta hacia otros contenedores vacíos generando pérdida de tiempo y mayor costo para la Universidad.
8. A pesar de existir contenedores, hay encargados de la limpieza que botan desechos sólidos en lugares no permitidos. Por ejemplo, en la Facultad de Ingeniería, algunos trabajadores tiran los residuos sólidos a una quebrada ubicada en la parte posterior del Edificio de Mecánica.
9. Con respecto a las normas de seguridad solamente los empleados de limpieza que laboran en clínicas odontológicas reciben atención médica e inyecciones contra enfermedades infecciosas como hepatitis, tétano.
10. Sub-Gerencia de Servicios sirve de apoyo para el transporte de residuos sólidos de otras Facultades, como es el caso de la Facultad de Odontología que llevan los residuos sólidos a los contenedores, así mismo sucede con los residuos sólidos del contenedor de Deportes donde el camión de la alcaldía no tiene accesibilidad a la calle que conduce a ese contenedor, por lo que Sub-gerencia transporta los residuos sólidos al contenedor de la Placita, Derecho o Ingeniería según estos se encuentren vacíos.
11. Los residuos sólidos como barro, cerámica, yeso y otros materiales similares generados por la Escuela de Arte son depositados en el contenedor de deportes, por lo general, dos o tres veces al mes; ocasionando problemas de recolección, ya que esta clase de residuos no son llevados por el camión recolector municipal. En este caso, el camión del Sub-Gerencia de Servicios separa los desechos (que vienen en sacos de polietileno) del resto de residuos domiciliarios

para llevarlos a predios baldíos en la cancha de fútbol o a contenedores ubicadas en las afueras del campus universitario.

12. Es de hacer notar, que la mayoría de los turnos de limpieza son de ocho horas, sin embargo, las Facultades no se dedican el cien por ciento al aseo del Campus, ya que se dedican a oficios varios como entrega de correspondencia o mensajería, trabajos de fontanería, trabajos de electricidad, transporte de equipo didáctico para docentes como proyectores, micrófonos etc.

9. 0 CONCLUSIONES.

1. El mal diseño de los contenedores para la disposición de los residuos sólidos dentro de la Universidad de El Salvador, provoca que las personas encargadas de la limpieza no depositen los residuos sólidos dentro del contenedor, formando con esto grandes promontorios de basura a los alrededores del contenedor generando con ello mal aspecto así como peligro para salud. Así mismo, dichos contenedores no poseen desnivel provocando que los líquidos queden retenidos provocando al descomponerse mal olor.
2. El equipo y medidas de seguridad (guantes, botas, mascarillas, vacunas, etc.) para la manipulación de los residuos sólidos tienen poca o ninguna aceptación por parte de los trabajadores de tal forma que éstas personas corren el riesgo de contraer algunas enfermedades como tetano, hepatitis o enfermedades gastrointestinales.
3. La forma, hora y lugar para la disposición final de los residuos sólidos son diferentes en cada Facultad, áreas verdes y calles; los horarios de limpieza van desde las 6 a.m. hasta las 8 p.m., los recipientes para los residuos sólidos son distintos para cada necesidad y Facultad, y entre éstos están barriles metálicos, recipientes plásticos, cajas de madera, cajas de cartón, bolsas plásticas, y otros.
4. Las cantidades estimadas de residuos sólidos (Kg/Día) generados por la Universidad de El Salvador en los diferentes contenedores con un nivel de confianza del 95% fueron: Ingeniería 124.15377 - 318.8534, Oficina Central 195.3174 - 390.0170, Placita (-26.0543) - 168.6452, Odontología (-46.9104) - 147.7892, Jurisprudencia y Ciencia Sociales 191.1769 - 385.8766, Deportes 91.1991 - 285.8988. Estableciéndose un promedio total de residuos sólidos diarios en la Universidad de El Salvador de 145.7540 - 225.2398 Kg. De acuerdo al análisis realizado a los datos de residuos sólidos (ver anexo C), se determina que la cantidad de éstos generados en la Universidad de El Salvador

depende únicamente del lugar donde se llevan los residuos sólidos (contenedores) y no precisamente del día en el cual se generan.

5. En la clasificación de los residuos sólidos dentro de la Universidad de El Salvador se obtuvieron las siguientes proporciones con un intervalo de confianza del 95%: Papel y cartón 0.12981 - 0.25804, Plástico 0.06917 - 0.10253, Vidrio (-0.00137) - 0.02467, Metales (Aluminio) 0.00564 - 0.01831, Madera (-0.00114) - 0.00930, Residuos de jardín 0.55692 - 0.68519 , Residuos de comida 0.01764 - 0.04537, Durapax 0.02071 - 0.04265, Otros 0.00258 - 0.01395. Los valores de proporciones para el vidrio y la madera tiene un intervalo de confianza inferior negativo, lo cual indica que el verdadero valor para esto materiales puede ser cero.

6. Las cantidades estimadas de residuos sólidos (Kg./Día) generados en la Universidad de El Salvador por los diferentes cafetines con un nivel de confianza del 95% fueron: Manguito 29.4001 - 50.0550, Central 14.2077 - 22.2612, Química y Farmacia 16.1164 - 48.1122, ACOPUS 118.9374 - 149.1083. Estableciéndose un promedio total de residuos sólidos diarios en los cafetines de la Universidad de El Salvador de 34.1658 - 77.8837 Kg/día. La mayor generación de residuos sólidos en cafetines se observa en el cafetín ACOPUS, esto debido tanto al tamaño del cafetín como al ubicación; la cual permite la afluencia de gran número de estudiantes, docentes y administrativos.

7. En la clasificación de los residuos sólidos en las cafeterias de la Universidad de El Salvador se obtuvieron las siguientes proporciones con un intervalo de confianza del 95%: Papel y cartón 0.1129 - 0.2462, Plástico 0.1948 - 0.2105, Metales (Aluminio) 0.0107 - 0.01750, Residuos de comida 0.4024 - 0.5189, Residuos de jardín 0.0048- 0.0437, Durapax 0.0993 - 0.1377. Debido a la actividad que desempeñan la categoría que con mayores proporciones es la de los residuos de comidas.

8. De acuerdo al análisis bromatológico realizado a los residuos sólidos de la Universidad de El Salvador se obtuvieron los siguientes resultados: Nitrógeno total 0.617 %, Carbono total 26.84%, Materia orgánica 46.17, Azufre Negativo, Fósforo 0.59% ($\% P_2 O_5$), Cenizas 15.18%, Humedad 9.53%, Hidrógeno 3.08%, pH 6.49. Todos estos parámetros nos sirven para diseñar los modelos de tratamiento para los residuos sólidos.

9. Para la producción Percapita de residuos sólidos en la Universidad de El Salvador se obtuvo el siguiente resultado: PPC = (0.006245 - 0.009651) Kg/Hab-día. Este dato es bajo comparado con la PPC de una ciudad (aproximadamente 0.7 Kg/Hab-día para la AMSS según fuente del Ministerio del Medio Ambiente) ya que las actividades de los estudiantes dentro de la Universidad de El Salvador se limitan a la estadía de algunas horas.

10.0 RECOMENDACIONES.

1. Realizar un estudio sobre la generación y disposición final de los desechos tóxicos y peligrosos generados en todos los Laboratorios, así como en las Clínicas Odontológicas de la Universidad de El Salvador, investigando la cantidad y el tipo de residuo que se genera, así como proponer la forma de disposición de éstos.
2. Para determinar la cantidad exacta de papel que se genera dentro de la Universidad de El Salvador, debería realizarse una cuantificación de éste por separado en todas las Oficinas y Unidades, quienes son los que generan mayor cantidad de papel.
3. La capacitación para el personal de limpieza sobre el manejo de residuos sólidos, debería considerarse de prioridad para realizar el programa de gestión de residuos sólidos de la Universidad de El Salvador.
4. Todas las actividades relacionadas con los residuos sólidos, deberían ser organizadas en conjunto con todas las Facultades, de tal forma que los estudios que se hagan en cualquier Facultad, sean tomadas en cuenta por las demás y no como trabajos aislados a los que no se les da la importancia debida.
5. Para los proyectos descritos en la Sección 7 es importante que se realice un estudio económico donde se determine la cantidad de personal, tiempo de realización, así como la estimación de la cantidad de dinero necesario, para la implementación de los proyectos mencionados.

11.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

1. Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en Nicaragua. Serie Análisis Sectorial No. 12. Organización Panamericana de la Salud.
2. Análisis Sectorial de Residuos Sólidos en El Salvador. Organización Panamericano de la Salud. Organización Mundial de la Salud División de Salud y Ambiente. (1998).
3. Berrios, G. y Castro M.,(1997). Evaluación del Potencial Energético de los Residuos Agrícolas en El Salvador 1º Parte: Maíz y Caña de Azúcar. Trabajo de graduación realizado para optar al título de Ingeniero Químico. Universidad de El Salvador, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.
4. Cochran, William G. (1974). Técnicas de Muestreo. Compañía Editorial Continental S.A. Cuarta Impresión. México D.F.
5. LGEEPA. (1994.) Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Curso Integral de Residuos Sólidos Municipales. México. D.F.
6. Ley de Medio Ambiente de El Salvador. (1998). San Salvador, El Salvador.
7. López López, R. (1998). Curso sobre Manejo Integral de Residuos Sólidos Municipales. Volumen I. AIDIS Tegucigalpa, Honduras.
8. Lund, Herber F. (1998). Manual McGrawHill de Reciclaje. Volumen I. McGrawHill/Interamericana de España, S.A. Primera Edición. México D.F.
9. Luciano Capelli. (1997). Manual para Técnicos e Inspectores de Saneamiento. Gestión y Manejo de Desechos Sólidos Hospitalarios.

10. Manual de Minimización de Residuos y Emisiones Industriales. Tomo 2. (1992) Fundación Privada Institut Ildeton Cerda. Primera Edición. Barcelona.
11. El Mercado de Reciclaje en San Salvador (1994). SalvaNaturra.
12. Navarro, R. (1997). Guía para Hacer Compost en Forma Aeróbica. CESTA. El Salvador.
13. Rivas, M. Et al, (1997). Determinación de la Generación, Cuantificación y Descomposición Física y Bioquímica de los Desechos Sólidos Urbanos Domiciliarios Generados en el Municipio de San Salvador y su Impacto en el Ambiente. Trabajo de graduación realizado para optar al título de Licenciado en Biología. Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Naturales.
14. Tchobanoglous, G. (1998). Gestión Integral de Residuos Sólidos. Volumen I. McGrawHill/Interamericana de España, S.A. Primera Edición. México D.F.
15. Zurquí (1999). Aluminio. La Nación. Costa Rica.
16. Zurquí (1999). Desechos Orgánicos. La Nación. Costa Rica.
17. Zurquí (1999). Papel. La Nación. Costa Rica.
18. Zurquí (1999). Plástico. La Nación. Costa Rica.

12.0 GLOSARIO.

Abono Orgánico. Residuo de planta y animales añadidos a la tierra mineral para mejorar la estructura del suelo y aumentar el contenido nutricional del suelo.

Aerobio. Un proceso bioquímico o condición ambiental que sucede en presencia de oxígeno.

Anaerobio. Un proceso bioquímico o condición ambiental que sucede en ausencia de oxígeno.

Bacteria. Organismos microscópicos unicelulares con paredes celulares rígidas. Pueden ser aerobios, anaerobios o anaerobios facultativos.

Basura. Se considera de forma genérica a los residuos sólidos sean urbanos, industriales, etc. (Ver Residuos sólidos y Residuos sólidos urbanos).

Ceniza. Material incombustible que queda después de haber sido quemado un combustible o residuo sólido.

Centro de Recompra. Una instalación donde individuos pueden devolver materia reciclable a cambio de un pago.

Centro de Recogida Selectiva. Un lugar donde residentes o negocios llevan materias reciclables separadas en origen.

Combustión. Combinación química de oxígeno con una sustancia, produciéndose calor y normalmente luz.

Compactación. Ver densificación.

Compost. Una mezcla de residuos orgánicos parcialmente descompuestos por bacterias aerobias y/o aerobias. El compost puede ser utilizado como un acondicionador de la tierra.

Compostaje. Descomposición biológica controlada de materiales orgánicos de residuos sólidos bajo condiciones aerobias. El compostaje puede hacerse en hilera, pilas estáticas y depósitos cerrados (conocidos como compostaje en reactor).

Contaminación. La contaminación de la tierra, el agua o la atmósfera por la descarga de residuos u otras materias ofensivas.

Contenido de humedad. La pérdida de peso (expresado en porcentaje) cuando se seca una muestra de residuos con un peso constante utilizando una temperatura de 100-105°.

Conversión. La transformación de residuos en otras formas por ejemplo, transformación por incineración en vapor, gas o aceite.

Cribado. Una operación unitaria que se usa para separar mezclas de materias por distintos tamaños en dos o más fracciones de tamaño mediante uno o más tamices.

Chatarra: Restos producidos durante la fabricación o consumo de un material o producto. Se aplica tanto a objetos usados, enteros o no, como a fragmentos resultantes de la fabricación de un producto. Se utiliza fundamentalmente para metales y también para vidrio.

Densificación. El proceso por unidad normalmente utilizado para incrementar el peso específico de materias residuales para que puedan ser almacenadas y transportadas mas eficazmente.

Descomposición. La descomposición de residuos orgánicos por medios bacteriológicos, químicos o térmicos. La total oxidación química solamente deja dióxido de carbono, agua y sólidos inorgánicos.

Desechos. Un termino general para residuos sólidos _excluyendo residuos de comida y cenizas_ sacados de viviendas, establecimientos comerciales e instituciones.

Desperdicios orgánicos. Residuos que normalmente no incluyen residuos de comida, pero que pueden incluir otros materiales orgánicos, como recortes de plantas.

Digestión anaerobia. Conversión biológica de residuos orgánicos procesados a metano y dióxido de carbono, bajo condiciones anaerobias.

Efluente. Cualquier sólido, líquido o gas que entra en el ambiente como un subproducto de actividades humanas.

Escombros. Restos de derribos y de construcción de edificaciones, constituidos principalmente por tabiquería, cerámica, hormigón, hierros, madera, plásticos y otros, y tierras de excavación en las que se incluyen tierra vegetal y rocas del subsuelo.

Estación de transferencia. Un lugar o instalación donde los residuos son transferidos desde vehículos de recogida más pequeños (por ejemplo, camiones compactadores) a vehículos de transporte más grandes para el transporte a lugares de vertido, normalmente vertederos.

Evacuación. Las actividades asociadas con la manipulación a largo plazo de 1) residuos sólidos que son recogidos y no son reutilizables, y 2) materia residual, después de que los residuos sólidos han sido procesados y la recuperación de productos de la conversión o energía ha sido concluida. Normalmente la evacuación se lleva a cabo mediante vertederos sanitarios controlados.

Gestión de residuos sólidos. El acto o proceso de generar residuos sólidos.

Gestión integrada de residuos sólidos. La gestión de residuos sólidos basada en las siguientes consideraciones: reducción en origen, reciclado, transformación de residuos y vertido, organizadas según un orden jerárquico. El control sistemático y determinado de los elementos funcionales: generación; manipulación de residuos, separación y procesamiento en origen; recogida; separación y procesamiento y transformación de residuos sólidos; transferencia y transporte, y vertido asociado a la gestión de residuos sólidos desde el punto de generación al vertido final.

Incineración. El proceso controlado por el cual los residuos combustibles sólidos, líquidos o gaseosos son quemados y convertidos en gases, y el residuo obtenido contiene poco o nada de materia combustible.

Instalación de recuperación de materiales. Instalaciones físicas utilizadas para la separación complementaria y el procesamiento de residuos que han sido separados en origen, y para la separación de residuos.

Lixiviación. Líquido que se ha filtrado a través de los residuos sólidos u otro medio. La lixiviación de vertederos normalmente contiene materiales extraídos, disueltos y en suspensión, algunos de los cuales pueden ser dañosos.

Materia carbonosa. Carbono puro o compuestos de carbono que están presentes en los residuos sólidos.

Materia inerte. Vidrio (envases y plano), papel y cartón, tejidos (lana, trapos y ropa), metales (ferrícos y no ferrícos), plásticos, maderas, gomas, cueros, loza y cerámica, tierras, escorias, cenizas y otros. A pesar de que pueden fermentar el

papel y cartón, así como la madera y en mucha menor medida ciertos tejidos naturales y el cuero, se consideran inertes por su gran estabilidad en comparación con la materia orgánica. Los plásticos son materia orgánica, pero no fermentable.

Materia secundaria. Una materia que se usa en lugar de una materia prima para la fabricación de un producto.

Material biodegradable. Un compuesto que puede ser degradado o convertido en compuestos más sencillos por microorganismos.

Materiales combustibles. Varios materiales en el flujo de residuos que son combustibles. En general son de naturaleza orgánica por ejemplo, residuos de comida, papel, cartón, plásticos, residuos de jardín.

Materiales separados en origen. Materiales residuales que han sido separados en el punto de generación. Los materiales separados en origen normalmente se recogen por separado.

Materias orgánicas. Compuestos químicos que tienen carbono combinado con otros elementos químicos. Las materias orgánicas pueden ser de origen natural o antropogénica. La mayoría de los compuestos orgánicos son una fuente de alimentación para las bacterias y normalmente combustibles.

Materias vírgenes. Materiales nuevas o vírgenes utilizadas para la fabricación de productos básicos. Los ejemplos incluyen pulpa de madera, mineral de hierro y arenas de sílice.

Metales ferrosos. Metales compuestos predominantemente de hierro. En el flujo de materiales residuales, estos metales normalmente incluyen latas, automóviles, frigoríficos, cocinas y otros electrodomésticos.

Metales no ferrosos. Metales que no contienen hierro (aluminio, cobre, latón y bronce son ejemplos de metales no ferrosos encontrados en los RSU).

Metales pesados. Metales tales como cadmio, plomo, mercurio, que pueden encontrarse en artículos descargados en los RSU, tales como pilas, instalaciones de luz, colorantes y tintes.

Microorganismos. Generalmente, cualquier cosa viva de tamaño microscópico, incluyendo bacterias, levaduras, hongos sencillos, actomicetos, algunas algas,

protozoos. Están involucrados en la estabilización de residuos (compostaje) y en procesos de tratamiento de aguas residuales.

Patógeno. Un organismo capaz de causar enfermedades. Las cuatro clasificaciones de patógenos más importantes encontradas en los residuos sólidos son bacterias, virus, protozoos y helmintos.

Procesamiento. Cualquier método, sistema u otro medio designado para cambiar la forma física o el contenido químico de los residuos sólidos.

Productos de conversión. Productos derivados del primer paso de la conversión de residuos sólidos, tales como el calor de combustión y el gas de la conversión biológica.

Productos de línea blanca. Grandes electrodomésticos desgastados o rotos de viviendas, comercios o industrias, como cocinas, frigoríficos, lavadoras y secadoras.

Putrefactible. Sujeto a descomposición o pudrición biológica o química. Normalmente utilizado en referencia a residuos de comida y otros residuos orgánicos.

Reciclables no seleccionados. Una mezcla de todos los residuos en un contenedor.

Reciclaje. Proceso simple o complejo que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea éste el mismo en que fue generado u otro diferente. Según la complejidad del proceso que sufre el material o producto durante su reciclaje, se establecen dos tipos: directo, primario o simple; e indirecto, secundario o complejo.

Rechazos. Las materias restantes después de la separación de materias residuales o después de que se ha completado un proceso químico y físico, como la incineración, evaporación, destilación o filtración.

Recogida selectiva. Recogida de residuos separados y presentados aisladamente por su productor.

Recuperación. Sustracción de un residuo a su abandono definitivo. Un residuo recuperado pierde en este proceso su carácter de "material destinado a su abandono", por lo que deja de ser un residuo propiamente dicho, y mediante su nueva valoración adquiere el carácter de "materia prima secundaria".

Reducción de tamaño mecánico. La conversión mecánica de residuos en piezas pequeñas.

Reducción de volumen. El procesamiento de residuos para disminuir la cantidad de espacio que ocupan. Los sistemas de compactación pueden reducir el volumen del 50 al 80 por 100. La incineración puede reducir el volumen de residuos el 90 por 100.

Reducción en el origen. Diseño, fabricación, adquisición y reutilización de materiales para minimizar la cantidad o toxicidad de los residuos generados.

Residuo. Todo material en estado sólido, líquido o gaseoso, ya sea aislado o mezclado con otros, resultante de un proceso de extracción de la Naturaleza, transformación, fabricación o consumo, que su poseedor decide abandonar.

Residuo de comida. Residuos animales y vegetales que resultan del manejo, almacenamiento, venta, preparación, cocinado y servicio de comida.

Residuo de demolición. Residuos producidos por la demolición de edificios, carreteras, aceras y otras estructuras. Estos residuos normalmente incluyen trozos grandes de hormigón roto, tuberías, radiadores, materiales de conductos, alambre eléctrico, paredes rotas de yeso, accesorios de instalaciones de luz, ladrillos y vidrio.

Residuos peligrosos. Sólidos, líquidos (más o menos espesos) y gases que contengan alguna(s) sustancia(s) que por su composición, presentación o posible mezcla o combinación puedan significar un peligro presente o futuro, directo o indirecto para la salud humana y el entorno.

Residuos sólidos. En función de la actividad en que son producidos, se clasifican en agropecuarios (agrícolas y ganaderos), forestales, mineros, industriales y urbanos. A excepción de los mineros, por sus características de localización, cantidades, composición, etc., los demás poseen numerosos aspectos comunes desde el punto de vista de la recuperación y reciclaje.

Residuos sólidos urbanos (RSU). Son aquellos que se generan en los espacios urbanizados, como consecuencia de las actividades de consumo y gestión de actividades domésticas (viviendas), servicios (hostelería, hospitales, oficinas,

mercados, etc.) y tráfico viario (papeleras y residuos viarios de pequeño y gran tamaño).

Reutilizar. Volver a usar un producto o material varias veces sin "tratamiento", equivale a un "reciclaje directo". El relleno de envases retornables, la utilización de paleas ("paillets") de madera en el transporte, etc., son algunos ejemplos.

Rutas de recogida. Rutas establecidas seguidas en la recogida de residuos no seleccionados o separados en origen, de viviendas, negocios, instalaciones comerciales e industriales y otras localizaciones.

Separación. Dividir residuos en grupos de materiales similares, como productos de papel, vidrio, residuos de comida, y metales.

Separación de componentes. La separación o clasificación de residuos en componentes o categorías.

Separación en el origen. La separación de materiales residuales de otros residuos mezclados en el punto de origen.

Separación magnética. Uso de imanes para separar materiales ferrosos de materiales residuales mezclados en los RSU.

Sistemas de recogida. Recogedores y equipamiento utilizado para la recogida de residuos no seleccionados y separados en origen.

Sólido volátil. La porción de la materia orgánica que puede eliminarse o volatilizarse cuando una materia orgánica se quema en un horno mufla a una temperatura de 550°C.

Tasa de desviación. Una medida de la cantidad del material que se desvía actualmente para su reutilización y su reciclaje comparándolo con la cantidad total de residuos que fueron desechados anteriormente.

Tep. Abreviatura de "Tonelada equivalente de petróleo". Se utiliza como unidad energética y sirve para comparar la cantidad de energía que contiene un material como carbón, plástico, agua embalsada, etc. con la que contiene una tonelada de petróleo, es decir que el petróleo se considera como patrón de medida, la unidad. Un Tep = 11.678,8 Kwh.

Transferencia. El acto de transferir residuos de un vehículo de recogida a vehículos transportadores más grandes.

Transformación de residuos. La transformación de materiales residuales que implica un cambio de fase (por ejemplo, sólido a gas). Los procesos de transformaciones químicas y biológicas más utilizados son la incineración y el compostaje aerobio.

Transporte. El transporte de residuos sólidos transferidos desde vehículos de recogida a una instalación o lugar de vertido para un procesamiento o acción adicional.

Tratamiento. Conjunto de operaciones por las que se alteran las propiedades físicas o químicas de los residuos.

Trituración. Operaciones mecánicas utilizadas para reducir el tamaño de los residuos sólidos.

Triar o destriar. Seleccionar o separar diversos componentes de la basura normalmente de forma manual.

Vertedero controlado. Un método de ingeniería para la eliminación de residuos sólidos en la tierra, de una forma tal que se protege la salud pública y el medio ambiente. El residuo se esparce en capas finas, compactándolo al volumen práctico más pequeño, y tapándolo con tierras u otro material apto, al final de cada día laboral.

Vertido. Deposición de los residuos en un espacio y condiciones determinadas. Según la rigurosidad de las condiciones y el espacio de vertido, en relación con la contaminación producida, se establecen los tres tipos siguientes.

Vertido controlado. Acondicionamiento de los residuos en un espacio destinado al efecto, de forma que no produzcan alteraciones en el mismo, que puedan significar un peligro presente o futuro, directo o indirecto, para la salud humana ni el entorno.

Vertido semicontrolado. Acondicionamiento de los residuos en un determinado espacio, que sólo evita de forma parcial la contaminación del entorno.

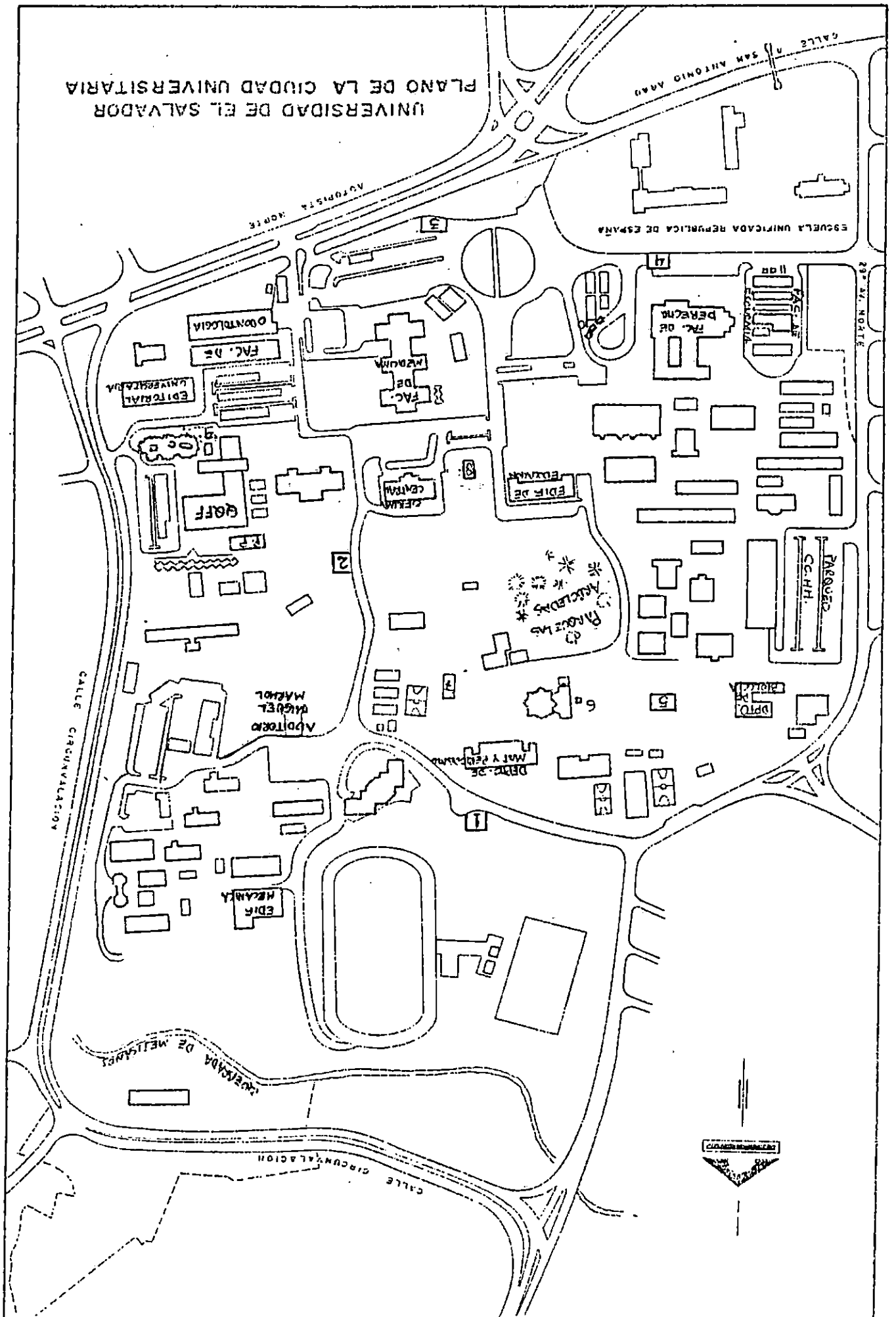
Vertido incontrolado o salvaje de residuos sin acondicionar, es aquel cuyos efectos contaminantes son desconocidos.

ANEXOS

ANEXO A

MAPA DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
PLANO DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA



ESCUELA UNIFICADA REPUBLICA DE ESPAÑA

CALLE SAN ANTONIO ARAU

23 DE NOVIEMBRE

AV. CIRCUNVALACION NOROCCIDENTAL

CALLE CIRCUNVALACION

CANAL DE MELIAPANES

CALLE CIRCUNVALACION

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

metros

Nomenclatura de los Contenedores y Cafetines ubicados en la Universidad de El Salvador.

1. Contenedor de Facultad de Ingeniería y Arquitectura
2. Contenedor de Oficinas Centrales
3. Contenedor de La Placita
4. Contenedor de Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales
5. Contenedor de Deportes
6. Chalet "El Manguito"
7. Cafetín Central
8. Cafetín de ACOPUS
9. Cafetín de Química y Farmacia
10. Chalets de Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales
11. Chalets de Facultad de Economía

ANEXO B.

**FOTOGRAFIAS DEL DIAGNOSTICO DE LOS
RESIDUOS SOLIDOS EN LA UNIVERSIDAD DE
EL SALVADOR.**



Figura 1. Residuos Sólidos en las Afueras del Contenedor de Ingeniería.



Figura 2. Residuos Sólidos dentro del Contenedor de Oficinas Centrales.

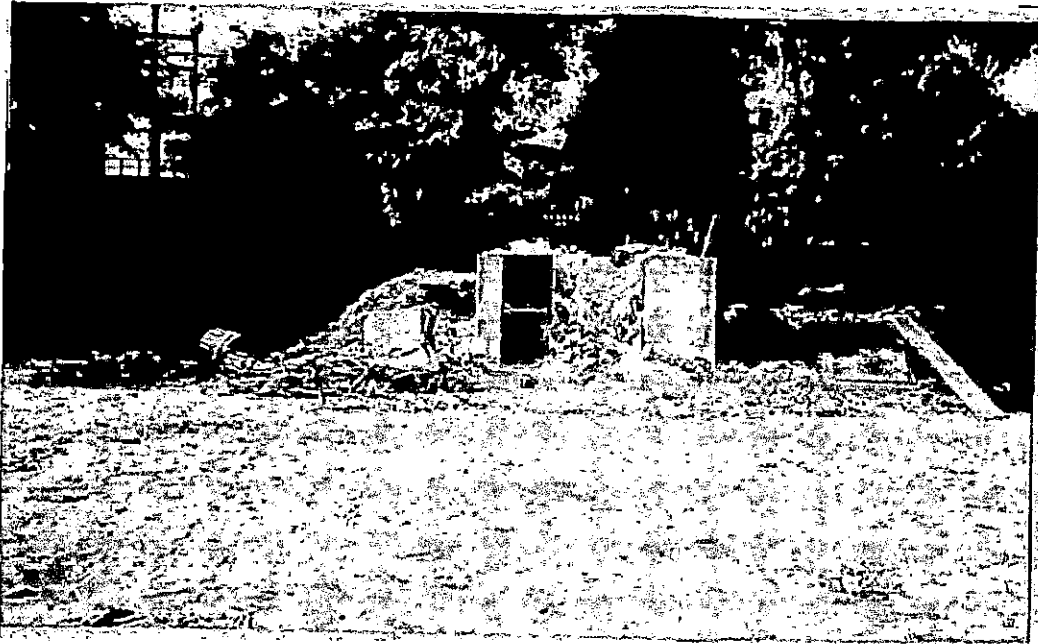


Figura 3. Contenedor de la Placita con Residuos Sólidos Provenientes de la Facultad de Odontología.

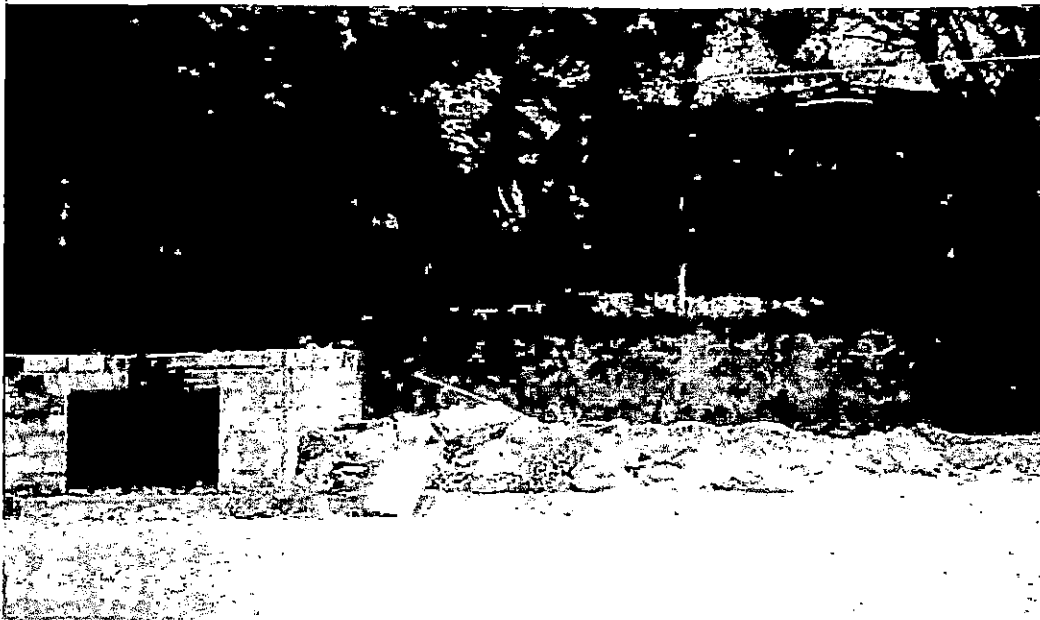


Figura 4. Contenedor de la Facultad de Jurisprudencia y Ciencias Sociales.



Figura 5. Contenedor de Deportes con Residuos Sólidos acumulados en la entrada.



Figura 6. Desechos Sólidos Hospitalarios provenientes de las Clínicas Odontológicas de la Facultad de Odontología.



Figura 7. Acumulación de Ramas en las Canchas de Fútbol de la Universidad de El Salvador.



Figura 7. Acumulación de Pupitres en Mal Estado en las Carpintería de la Facultad de Ciencias y Humanidades.



Figura 9. Pesada de Saco de Mezcal Conteniendo Residuos Sólidos con la Balanza Romana.

ANEXO C
ESTIMACIONES ESTADISTICAS

ECUACIONES UTILIZADAS

a) Media aritmética:

$$\bar{X} = \sum xi/n$$

b) Desviación estándar:

La desviación estándar es la medida de la dispersión de los valores respecto a la media (valor promedio).

Observaciones.

- DESVEST parte de la hipótesis de que los argumentos representan la muestra de una población.
- La desviación estándar se calcula utilizando el método "insesgado" o "N-1".
- DESVEST utiliza la fórmula siguiente:

$$\sqrt{[(n\sum x^2 - (\sum x)^2)/(n(n-1))]}$$

Ejemplo:

Supongamos que toma una muestra aleatoria de 10 herramientas forjadas por la misma máquina durante un ciclo de producción y cuya resistencia a la rotura desea medir. Los valores de la muestra (1345; 1301; 1368; 1322; 1310; 1370; 1318; 1350; 1303; 1299) se calcula la desviación estándar de la resistencia a la rotura de todas las herramientas producidas. Es igual a 27,46

c) Intervalos de confianza:

Devuelve el intervalo de confianza para la media de una población. El intervalo de confianza es un rango en cualquiera de los lados de la media de una muestra. Por ejemplo, si ordena un producto por correo, puede determinar, con un determinado nivel de confianza, el tiempo máximo y mínimo que tardará en recibir dicho producto.

INTERVALO DE CONFIANZA.

Alfa : es el nivel de significación empleado para calcular el nivel de confianza. El nivel de confianza es igual a $100(1 - \alpha)\%$, es decir, un alfa de 0,05 indica un nivel de confianza de 95%.

Desviación estándar: es la desviación estándar de la población y se asume que es conocida.

Tamaño : es el tamaño de la muestra.

Si suponemos que el argumento alfa es igual a 0,05, se tendrá que calcular el área debajo de la curva normal estándar que es igual a $(1 - \alpha)$ o 95%. Este valor es $\pm 1,96$. Por lo tanto, el intervalo de confianza es:

$$\bar{X} \pm 1.96 (\sigma/\sqrt{n})$$

Ejemplo:

Supongamos que observa una muestra de 50 personas que realizan diariamente un trayecto, y que la duración media de dicho trayecto es de 30 minutos, con una desviación estándar de la población de 2,5. Puede tener una confianza del 95 por ciento de que la media de la población se encuentra en el intervalo:

$$30 \pm 1.96 (2.5/\sqrt{50})$$

es igual a 0,692951. En otras palabras, la longitud media de desplazamiento es $30 \pm 0,692951$ minutos, o de 29,3 a 30,7 minutos.

PROMEDIOS GLOBALES DE LAS PROPORCIONES DE DIFERENTES CATEGORIAS QUE CONFORMAN
 LOS RESIDUOS SOLIDOS PARA LOS CINCO CONTENEDORES PRINCIPALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO
 CALCULO DE INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95%

PROMEDIO DIARIO PARA PROPORCIONES

CATEGORIA	PROMEDIO	DESVIACION	NIVEL DE CONFIANZA 95%	INTERVALO 1	INTERVALO 2
Papel y Cartón	0.1939	0.1569	0.0641	0.1298	0.2580
Plástico	0.0859	0.0408	0.0167	0.0692	0.1025
Vidrio	0.0117	0.0319	0.0130	-0.0014	0.0247
Metales (Aluminio)	0.0120	0.0155	0.0063	0.0056	0.0183
Madera	0.0041	0.0128	0.0052	-0.0011	0.0093
Residuos de Jardín	0.6211	0.1569	0.0641	0.5569	0.6852
Residuos de Comida	0.0315	0.0339	0.0139	0.0176	0.0454
Durapax	0.0317	0.0268	0.0110	0.0207	0.0427
Otros	0.0083	0.0139	0.0057	0.0026	0.0140

PROMEDIOS GLOBALES DE LAS PROPORCIONES DE DIFERENTES CATEGORIAS QUE CONFORMAN
 LOS RESIDUOS SOLIDOS PARA LOS TRES CAFETINES PRINCIPALES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO
 CALCULO DE INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95%

PROMEDIO DIARIO PARA PROPORCIONES

CATEGORIA	PROMEDIO	DESVIACION	NIVEL DE CONFIANZA 95%	INTERVALO 1	INTERVALO 2
Papel y Cartón	0.1796	0.1443	0.0667	0.1130	0.2463
Plástico	0.2027	0.0170	0.0078	0.1949	0.2105
Metales (Aluminio)	0.0141	0.0073	0.0034	0.0107	0.0175
Residuos de Comida	0.4607	0.1261	0.0583	0.4025	0.5190
Residuos de Jardín	0.0243	0.0421	0.0194	0.0049	0.0437
Durapax	0.1186	0.0416	0.0192	0.0993	0.1378

PROMEDIOS GLOBALES DE CANTIDADES DIARIAS DE RESIDUOS SOLIDOS DE DIFERENTES
 CAFETINES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO
 CALCULO DE INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95%
 PROMEDIO DIARIO EN Kg/diarios

CAFETIN	PROMEDIO Kg/diarios	DESVIACION	NIVEL DE CONFIANZA 95%	INTERVALO 1	INTERVALO 2
MANGUITO	39.72760	11.78227893	10.32741777	29.40018	50.05502
CENTRAL	18.23448	4.593993434	4.026732834	14.20775	22.26122
QUIMICA Y FARMACIA	32.11434	18.25152963	15.99785343	16.11649	48.11220
ACOPUS	134.02288	17.21056389	15.08542485	118.93746	149.10831

PROMEDIOS GLOBALES DE CANTIDADES DIARIAS DE RESIDUOS SOLIDOS DE DIFERENTES
CONTENEDORES DEL CAMPUS UNIVERSITARIO
CALCULO DE INTERVALOS DE CONFIANZA AL 95%
PROMEDIO DIARIO EN Kg/diarios

CONTENEDOR	PROMEDIO Kg/diarios	DESVIACION	NIVEL DE CONFIANZA 95%	INTERVALO 1	INTERVALO 2
INGENIERIA	221.50370	166.99751	146.37687	75.12683	367.88056
OFICINA CENTRAL	292.66738	87.15965	76.39728	216.27010	369.06466
LA PLACITA	71.29558	39.51310	34.63407	36.66151	105.92965
ODONTOLOGIA	50.43948	13.84163	12.13248	38.30699	62.57196
DERECHO	288.52689	116.06575	101.73410	186.79279	390.26099
DEPORTES	188.55041	94.00355	82.39611	106.15430	270.94652
PROMEDIO GLOBAL	185.49724	132.82447	47.52968	137.96756	233.02692

ANEXO D

NORMAS MEXICANAS PARA EL ANALISIS DE

RESIDUOS SOLIDOS.

NORMA OFICIAL MEXICANA
 NOM-AA-61-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS
 MUNICIPALES-DETERMINACION DE LA GENERACION.

ENVIRONMENTAL PROTECTION- SOIL CONTAMINATION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES-
 DETERMINATION OF GENERATION.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana especifica un método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio. Para efectos de aplicación de esta norma los residuos sólidos municipales se subdividen en domésticos (que son los generados en casas-habitación) y en no domésticos (generados fuera de las casas-habitación).

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

NORMA-AA-91	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Terminología.
NORMA-AA-15	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales -Muestreo- Método de cuarteo.

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-91 además de:

FUENTE. Es cualquier establecimiento generador de residuos sólidos incluidos dentro de los giros municipales por muestrear.

4 APARATOS Y EQUIPO

- Bascula con capacidad mínima de 100 Kg. Y precisión de 10 g. O similar.
- Bascula con capacidad mínima de 100 Kg. Y precisión de 1 g. O similar.
- Tablas de inventario, tamaño carta u oficio.
- Marcadores de tinta permanente, preferentemente color negro.
- Bolsas de polietileno de 0.70 m x 0.50 m y calibre mínimo del No. 200.
- Ligas de hule de 1.5 mm de ancho.
- Guantes de camaza.
- Brochas de 0.025 m de ancho.
- Pintura de esmalte amarillo.
- Papelería y varios (cédula de encuesta, lápices, gomas y otros).
- Tablas de números aleatorios y de las siguientes distribuciones:
 Normal, " t " de Student, " F " de Fisher, así como la empleada para el rechazo de observaciones, si se aplica para tal efecto, el criterio de Dixon (Ver Apéndice).

NOTA: Lo antes citado esta en función del numero de personas a participar en el muestreo, así como en la cantidad de estratos socioeconómicos por muestrear y del tamaño de las premuestras.

5 GENERACION PER-CAPITA DE RESIDUOS SOLIDOS DOMESTICOS.

5.1 Procedimiento de campo.

Ese parámetro se obtiene con base en la generación promedio de residuos sólidos por habitante, medido en Kg./hab.-día, a partir de la información obtenida de un muestreo estadístico aleatorio en campo, con duración de ocho días para cada uno de los estratos socioeconómicos de la población.

5.1.1 Selección de riesgo " α "

El riesgo con que se realiza el muestreo se elige con base en los siguientes factores:

- Conocimiento de la localidad.
- Calidad técnica del personal participante.
- Facilidad para realizar el muestreo.
- Características de la localidad a muestrear.
- Exactitud de la bascula por emplear.

5.1.2 Tamaño de la Premuestra " n "

A partir del riesgo seleccionado (α) se adopta un tamaño de premuestra por estrato, con base en la siguiente tabla:

<u>Riesgo</u>	<u>Tamaño de la Premuestra</u>
(α)	(n)
8.2	115
8.3	80
8.4	50

5.1.3 Determinar y ubicar el universo de trabajo (de 300 a 500 casas) en un plano actualizado de la localidad en la zona o colonia correspondiente al estrato socioeconómico por muestrear.

5.1.4 Contar y numerar en orden progresivo, los elementos del universo de trabajo, para conocer su tamaño.

5.1.5 Con base en el tamaño de la premuestra y del universo de trabajo, seleccionar aleatoriamente, los elementos de dicho universo que forman parte de la premuestra. Para realizar lo anterior, emplear la tabla No. 1 de números aleatorios (Ver Apéndice).

5.1.6 Identificar físicamente los elementos de la premuestra en el universo de trabajo, anotando con pintura amarilla el numero aleatorio correspondiente al elemento, en alguna lugar visible de la calle donde se encuentra la casa- habitación o elemento por muestrear.

5.1.7 Recorrer el universo de trabajo, visitando a los habitantes de las casas seleccionadas para la muestra, con el fin de explicarles la razón del muestreo por realizar, así como para captar la información general que se indica en la cédula de encuesta de campo (Ver Apéndice). Entregando una bolsa de polietileno.

5.1.8 Visitar nuevamente las casas-habitación seleccionadas del universo de trabajo el primer día del periodo en que se realiza el muestreo, lo mas temprano posible, para recoger las bolsas conteniendo los residuos sólidos generados antes de este día. Esto sirve únicamente como una "operación de limpieza", para asegurar que el residuo generado después de ella, corresponda a un día.

Simultáneamente con la "operación de limpieza", se entrega una nueva bolsa para que se almacenen los residuos generados las siguientes 24 horas; por ultimo, las bolsas ya recogidas conteniendo los residuos se transfieren al equipo de recolección municipal o se llevan al sitio de disposición final.

5.1.9 A partir del segundo, hasta el séptimo día del periodo de muestreo, se recogen las bolsas conteniendo los residuos generados el día anterior y a su vez se entrega una nueva bolsa para almacenar los residuos por generar las siguientes 24 horas.

A la bolsa conteniendo los residuos generados, se le anota el numero aleatorio correspondiente, con el fin de identificar los elementos de la muestra.

El octavo día únicamente se recogen las bolsas con los residuos generados el día anterior.

5.1.10 Diariamente después de recoger los residuos sólidos generados el día anterior, se procede a pesar cada elemento anotando su valor en la cédula de encuesta, en el renglón correspondiente al día en que fue generado.

5.1.11 Para obtener el valor de la generación per-capita de residuos sólidos en Kg./hab.-día correspondiente a la fecha en que fueron generados; se divide el peso de los residuos sólidos entre el número de habitantes de la casa-habitación.

5.2 Evaluación de resultados.

La evaluación que se presenta, se considera la mas adecuada para los fines que se persiguen con este tipo de estudios.

5.2.1 De los siete datos obtenidos de cada casa-habitación, durante el periodo de muestreo; calcular el promedio de generación de residuos " per-capita ". De acuerdo con lo anterior; se obtiene una serie de " n " valores promedio, uno por cada casa-habitación incluida en la muestra.

5.2.2 Ordenar la información obtenida del punto anterior, como a continuación se ilustra:

$$X_1 < X_2 < X_3 < \dots < X_{n-1} < X_n$$

Donde:

X_i = Promedio por casa-habitación, de los 7 valores diarios de la generación de residuos per-capita, obtenidos durante el periodo de muestreo.

5.2.3 Realizar el análisis de rechazo de observaciones sospechosas, empleando cualquier método o procedimiento que la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología considere confiable. En caso de aplicar el criterio del Dixon, se debe realizar lo siguiente:

Calcular el valor del estadístico (r), para las siguientes situaciones:

$$r = \frac{X_n - X_i}{X_n - X_1} \text{ cuando se sospecha del elemento máximo de la muestra}$$

$$r = \frac{X_j - X_1}{X_j - X_1} \text{ cuando se sospecha del elemento mínimo de la muestra}$$

Donde:

n = Número de observaciones o elemento mayor.

j = Elemento menor.

i = $n - (j-1)$.

J = Elemento del muestreo que define el límite inferior del intervalo de sospecha en la cola superior de los datos ya ordenados.

7 APENDICE

NOM-AA-61-1985

CEDULA DE ENCUESTA DE CAMPO PARA EL MUESTREO
DE GENERACION DE RESIDUOS SOLIDOS

No. DE MUESTRA _____ No. ALEATORIO _____
 POBLACION _____ MUNICIPIO _____ ENTIDAD FED. _____
 CALLE _____ NUM _____ C.P. _____
 COLONIA _____ NIVEL SOCIOECONOMICO _____
 HABITANTE POR CASA _____ FREC. DERECH. _____ TIPO DE RECIPIENTE _____
 QUE HACE CON LOS RESIDUOS SOLIDOS SI NO PASA EL CAMION?

SU OPINION SOBRE EL SERVICIO DE RECOLECCION:

BUENA _____ MALA _____ REGULAR _____

NOMBRE DEL ENCUESTADOR _____

PUESTO QUE DESEMPEÑA _____

INSTITUCION O EMPRESA _____

NO.	FECHA	DIA	PESO DE LOS RESIDUOS	GENERACION PER-CAPITA (Kg/hab-dia)	OBSERVACIONES
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					

NOM-AA-15-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES-MUESTREO-METODO DE CUARTEO.

ENVIRONMENTAL PROTECTION- SOIL POLLUTION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES- SAMPLING-
QUARTER- METHOD.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana especifica un método de cuarteo para residuos sólidos municipales y la obtención de especímenes para los análisis de laboratorio.

Para aquellos residuos sólidos de características homogéneas, no se requiere seguir el procedimiento descrito en esta norma.

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NORMA-AA-19	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Residuos sólidos municipales -Peso volumétrico " IN SITU ".
NORMA-AA-22	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales -Selección y cuantificación de Subproductos.
NORMA-AA-61	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos municipales -Generación.
NORMA-AA-91	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Terminología.

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las que se establecen en la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-91.

4 METODO DE CUARTEO

Para el cuarteo, la muestra debe ser representativa de la zona o estrato socioeconómico del área en estudio, obtenida según Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-61.

4.1 APARATOS Y EQUIPO

- Balcón de piso, con capacidad de 200 Kg.
- Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.90 m y calibre mínimo del No. 200, para el manejo de los subproductos (tantas como sean necesarias).
- Palas curvas
- Bieldos
- Overoles
- Guantes de camaza.
- Escobas

- Botas de huie
- Cascos de seguridad
- Mascarillas protectoras
- Papelería y varios (cédula de informe de campo, marcadores, ligas, etc.).

8.3 PROCEDIMIENTOS

Para efectuar este método de cuarteo, se requiere la participación de cuando menos tres personas.

El equipo requerido antes descrito, esta de acuerdo con el numero de personas que participan en el cuarteo.

Para realizar el cuarteo, se toman las bolsas de polietileno conteniendo los residuos sólidos, resultado del estudio de generación según la Norma oficial Mexicana NORMA-AA-61. En ningún caso se toma mas de 250 bolsas para efectuar el cuarteo.

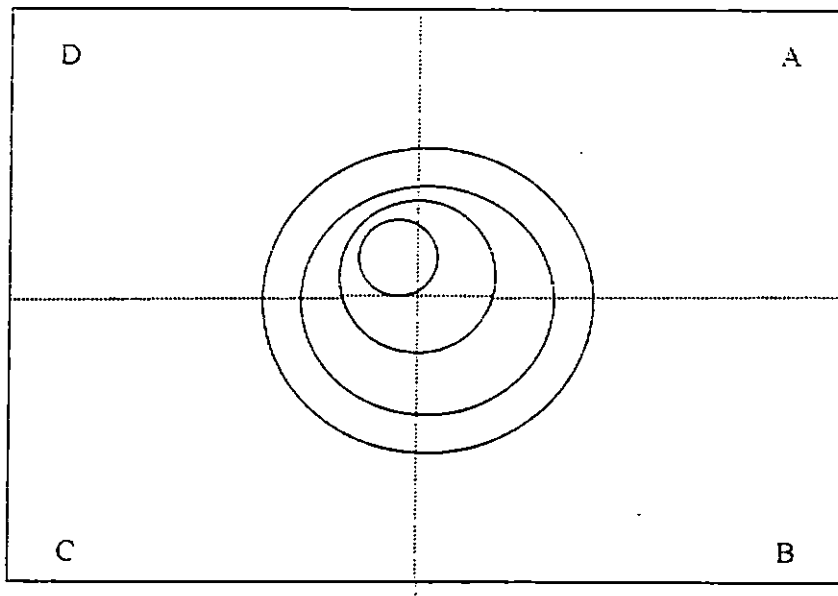
El contenido de dichas bolsas, se vacía formando un montón sobre un área plana horizontal de 4 m x 4 m de cemento pulido o similiar y bajo techo.

El montón de residuos sólidos se traspalea con pala y/o bieldo, hasta homogeneizarlos, a continuación, se divide en cuatro partes aproximadamente iguales, y se eliminan las partes opuestas, repitiendo esta operación hasta dejar un mínimo de 50 Kg. De residuos sólidos con los cuales se debe hacer la selección de subproductos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-22.

De las partes eliminadas del primer cuarteo, se toman 10 Kg. Aproximadamente de residuos sólidos para los análisis del laboratorio, físicos, químicos y biológicos, con el resto se determina el peso volumétrico de los residuos sólidos " in situ ", según Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-19.

La muestra obtenida para los análisis físicos, químicos y biológicos debe trasladarse al laboratorio en bolsas de polietileno debidamente selladas e identificadas (véase marcador), evitando que queden expuestas al sol durante su transporte, además se debe tener cuidado en el manejo de las bolsas que contiene la muestra para que no sufra ninguna rotura. El tiempo máximo de transporte de la muestra al laboratorio, no debe exceder de 8 horas.

Se han considerado, las cantidades anteriores como optimas, sin embargo estas pueden variar de acuerdo a las necesidades. Solo en el caso de que la cantidad de residuos sólidos sea menor a 50 Kg., se recomienda repetir la operación de cuarteo.



5 MARCADOR

La muestra se identifica con una etiqueta, la cual debe contener la siguiente información:

Numero de folio de la cédula de informe de campo para el cuarteo, hora y fecha del envío, localidad, municipio, estado, procedencia de la muestra (Estrato socioeconómico), temperatura y humedad relativa del ambiente, peso de la muestra en kilogramos, datos del responsable de la toma de muestra y observaciones.

6 INFORME DE CAMPO: (Ver cédula en el apéndice)

En el informe debe indicar lo siguiente:

- Localidad, Municipio y Estado
- Fecha y hora del cuarteo
- Procedencia de la muestra (Estrato socioeconómico)
- Condiciones climatológicas
- Cantidad de residuos sólidos tomados para el cuarteo, en Kg.
- Cantidad de residuos sólidos obtenidos para la selección en subproductos, en Kg.
- Datos del responsable del cuarteo
- Observaciones

7 APENDICE

NOM-AA-15-1985

CEDULA DEL INFORME DE CAMPO PARA EL CUARTEO DE
LOS RESIDUOS SOLIDOS

LOCALIDAD _____ MUNICIPIO _____ ESTADO _____

FECHA Y HORA DEL CUARTEO _____

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA _____

CONDICIONES CLIMATOLOGIAS IMPERANTES DURANTE EL CUARTEO (DESCRIBA) _____

CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS PARA EL CUARTEO

CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA SELECCIÓN DE
SUBPRODUCTO _____

CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LOS ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLÓGICOS

RESPONSABLE DEL CUARTEO:

NOMBRE _____ CARGO _____

DEPENDENCIA O INSTITUCION _____

OBSERVACIONES

8 BIBLIOGRAFIA

Jornal of The Sanitary Engineering Division. Proceedings of The American society of Civil Engineers. "Sample Wights in Solid Waste Composition Studies".Albert J. Klee and Dennis Carrth. Augusto, 1970.

Rolle, G. Int. Research Group in Refuse Disposal (IRFR). Information Bulletin 22,23. Zurich. 1954.

NOM-AA-19-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES-PESO VOLUMETRICO " IN SITU ".

ENVIRONMENTAL PROTECTION- SOIL POLLUTION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES- SAMPLING- "IN
SITU" VOLUMETRIC WEIGHT.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana especifica un método para determinar el peso volumétrico de los residuos sólidos municipales en el lugar donde se efectuó la operación de "cuarteo".

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NORMA-AA-91	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Terminología.
NORMA-AA-15	Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales -Muestreo-Método de Cuarteo.

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las que se establecen en la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-91.

4 DESCRIPCION DE LA OPERACIÓN

Para determinar el peso volumétrico " in situ ", se debe tomar los residuos eliminados de la primera operación del cuarteo, la cual se debe realizar según Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-15.

4.1 APARATOS Y EQUIPO

- Bascula de piso, con capacidad de 200 Kg.
- Tambos metálicos de forma cilíndrica, con capacidad de 200 L.
- Palas curvas
- Overoles
- Guantes de camaza.
- Escobas
- Recogedores
- Botas de hule
- Cascos de seguridad
- Mascarillas protectoras
- Papelería y varios necesarios para la operación (cédula de informe de campo, marcadores, etc.).

8.4 PROCEDIMIENTOS

Para efectuar esta determinación, se requiere de cuando menos dos personas.

El equipo requerido antes descrito esta de acuerdo con el número de personas que participan en el la determinación.

Antes de efectuar la determinación se verifica que el recipiente este limpio y libre de abolladuras; así como también que la balanza este nivelada. A continuación se pesa el recipiente vacío, tomando este peso como la tara del recipiente.

A continuación, llenar el recipiente hasta el tope con residuos sólidos homogeneizados, obtenidos de las partes eliminadas del primer cuarteo según la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-15; golpee el recipiente contra el suelo tres veces dejándolo caer desde una altura de 10 cm.

Nuevamente agregue residuos sólidos hasta el tope, teniendo cuidado de no presionar al colocarlos en el recipiente: esto con el fin de no alterar el peso volumétrico que se pretende determinar.

Se debe tener cuidado de vaciar dentro del recipiente todo el residuo, sin descartar los finos.

Cuando no se tenga suficiente cantidad de residuos sólidos para llenar el recipiente se marca en este, la altura alcanzada y se determina dicho volumen.

5 CALCULO

El peso volumétrico del residuo sólido se calcula mediante la siguiente formula: $P_V = P/V$

En donde:

P_V = Peso volumétrico del residuo sólido, en Kg/m^3

P = Peso de los residuos sólidos (peso bruto menos tara), en Kg.

V = Volumen del recipiente, en m^3

Los resultados obtenidos al realizar la operación que se describa en esta Norma Oficial Mexicana, deben reportarse en la cédula de informe del campo (Anexo No. 1).

6 BIBLIOGRAFIA

Instructivo de Campo del Departamento de Desechos Sólidos de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1975.

Experiencias de Campo de la Comisión de Ecología del D.D.F. y de la S.D.U.E.

7 APENDICE

NOM-AA-19-1985

7.1 Anexo No. 1

CEDULA DE INFORME DE CAMPO PARA LA DETERMINACION DEL PESO VOLUMETRICO "IN SITU" DE LOS RESIDUOS MUNICIPALES

LOCALIDAD _____ MUNICIPIO _____ ESTADO _____

FECHA Y HORA DEL CUARTEO _____

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA _____

CONDICIONES CLIMATOLOGIAS IMPERANTES DURANTE EL CUARTEO (DESCRIBA) _____

_____ CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS PARA EL CUARTEO _____

CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LA SELECCIÓN DE SUBPRODUCTO _____

CANTIDAD DE RESIDUOS SOLIDOS PARA LOS ANALISIS FISICOS, QUIMICOS Y BIOLOGICOS

RESPONSABLE DEL CUARTEO:

NOMBRE _____ CARGO _____

DEPENDENCIA O INSTITUCION _____

OBSERVACIONES

NOM-AA-22-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES-SELECCIÓN Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS.

ENVIRONMENTAL PROTECTION- SOIL POLLUTION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES- SAMPLING- BY-
PRODUCTS SELECTION AND QUANTIFICATION .

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana establece la selección y el método para la cuantificación de subproductos contenidos en los residuos sólidos municipales.

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NORMA-AA-91 Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos

Sólidos -Terminología.

NORMA-AA-15 Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales
-Muestreo-Método de Cuarteo.

NORMA-B-231 Industria Siderúrgica-Cribas de Laboratorio para Clasificación de Materiales
Granulares-Especificaciones.

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-91.

4 APARATOS Y EQUIPO

- Bascula de piso, con capacidad de 200 Kg.
- Balanza Granataria con capacidad para 20 Kg. Y sensibilidad de 1 g
- Criba M 2.00 según Norma Oficial Mexicana NORMA-B-231
- Escobas
- Recogedores
- Botas de hule
- Mascarillas protectoras
- Bolsas de polietileno de 1.10 m x 0.80 m y calibre mínimo del No. 200
- Papelería y varios

El equipo antes descrito esta en función del numero de participantes en la determinación que marca esta Norma; se requiere para ello, cuando menos de dos personas.

5 Selección

5.1 Obtención de la Muestra.

La muestra se extrae como se establece en la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-15 y se toman como mínimo 50 Kg., que procede de las áreas del primer cuarteo que no fueron eliminadas.

Procedimiento.

Con la muestra ya obtenida como se establece en 5.1 se seleccionan los subproductos depositándolos en bolsas de polietileno hasta agotarlos, de acuerdo con la siguiente clasificación:

- Algodón
- Cartón
- Cuero
- Residuo fino (todo material que pase la criba M 2.00)
- Envase de cartón encerado
- Fibra dura vegetal (esclerenquima)
- Hueso
- Hule
- Lata
- Loza y cerámica
- Madera
- Material de Construcción
- Material ferroso
- Material no ferroso
- Papel
- Pañal desechable
- Plástico rígido y de película
- Poliuretano
- Poliestireno expandido
- Residuos alimenticios (véase observaciones)
- Residuos de jardinería
- Trapo
- Vidrio transparente
- Otros

6 CUANTIFICACION

Los subproductos ya clasificados se pesan por separado en la balanza Granataria y se anota el resultado en la hoja de registro.

El porcentaje en peso de cada uno de los subproductos se calcula con la siguiente expresión:

$$PS = G_1/G \times 100$$

En donde:

PS = Porcentaje del subproducto considerado.

G_1 = Peso del subproducto considerado, en Kg.; descontando el peso de la bolsa empleada.

G = Peso total de la muestra (mínimo 50 Kg.).

EL resultado obtenido al sumar los diferentes porcentajes, debe ser como mínimo el 98% del peso total de la muestra (G). En caso contrario, se debe repetir la determinación.

REPORTE

Los resultados se anotan, como se indica en la hoja de registro (véase apéndice).

OBSERVACIONES

Los cambios en peso durante la determinación, se deben principalmente a la liberación o admisión de humedad. Se recomienda efectuar la determinación en un lugar cerrado y bajo techo.

Dentro de los residuos sólidos alimenticios se deben incluir todos aquellos residuos de fácil degradación, tales como: vísceras, apéndices o cadáveres de animales.

7 APENDICE

NOM-AA-22-1985

HOJA DE REGISTRO DE CAMPO

SELECCIÓN Y CUANTIFICACION DE SUBPRODUCTOS

LOCALIDAD _____ MUNICIPIO _____ ESTADO _____

FECHA Y HORA DE ANALISIS _____ PESO DE LA MUESTRA _____

ESTRATO SOCIOECONOMICO _____ TARA DE LAS BOLSAS _____

NOM-AA-52-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES-PREPARACION DE MUESTRAS EN EL LABORATORIO PARA SU ANALISIS.

ENVIORAMENTAL PROTECTION- SOIL POLLUTION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES- SAMPLING-
PREPARATION OF SAMPLES IN LABORATORIO FOR THEIR ANALISIS.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método de preparación de muestras en el laboratorio para su análisis.

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NORMA-AA-91 Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Terminología.

NORMA-AA-15 Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales
-Muestreo-Método de Cuarteo.

NORMA-AA-16 Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos
Municipales-Determinación de humedad.

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana
NORMA-AA-91.

4 APARATOS Y EQUIPO

- Balanza Granataria con capacidad para 20 Kg. Y sensibilidad de 1 g
- Guantes de camaza
- Escobilla
- Mascarillas protectoras
- Tijeras de jardinero
- Recogedores
- Pala de jardinero
- Lentes protectores
- Molino triturador
- Frasco de vidrio de color ámbar y cuello esmerilado de 2 L de capacidad

5 PROCEDIMIENTO

Verificar si la muestra esta debidamente identificada, de no estarlo, se anota en el reporte del laboratorio.

A continuación se procede a vaciar la muestra de residuos sólidos, en un área limpia y seca del laboratorio; para que con unas tijeras de jardinero se desmenucen tales residuos, hasta un tamaño máximo de 5 cm.

Con una pala de jardinero se homogeneizan los residuos sólidos y mediante el método de cuarteo, se obtiene una muestra representativa de 1 Kg., la cual se vierte dentro de un molino triturador para obtener un producto

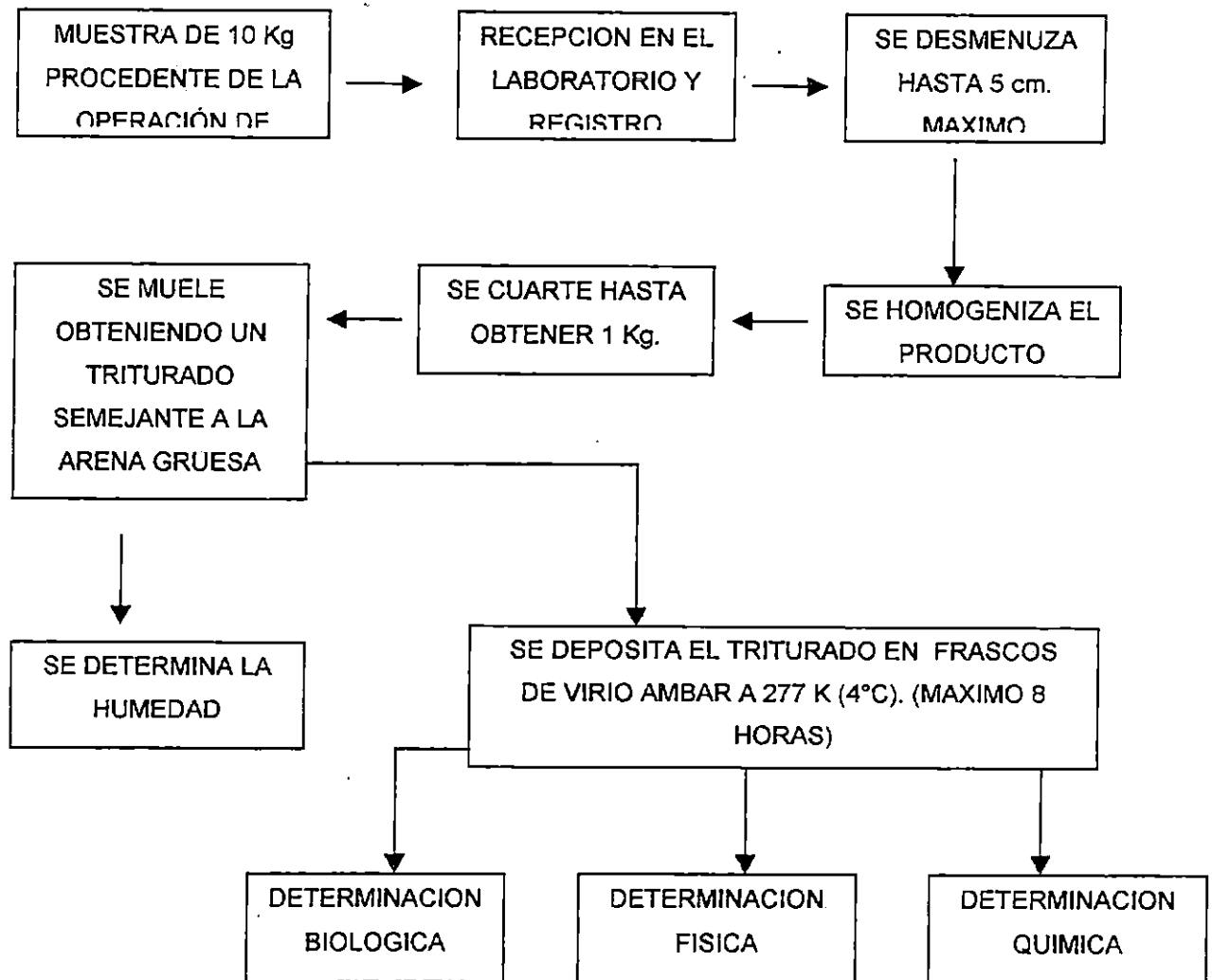
mas homogéneo y de tamaño semejante a la arena gruesa. De dicho producto, se toma la cantidad necesaria para realizar inmediatamente la determinación de humedad, según la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-16. El resto del producto obtenido de la molienda, se deposita en frascos de vidrio color ámbar de cuello esmerilado y de 2 L de capacidad, los cuales se almacenan a 277 K (4 °C), para realizar las demás determinaciones físicas, químicas y biológicas, en las siguientes ocho horas. (véase diagrama).

6 BIBLIOGRAFIA

Instructivo de Campo del Departamento de Desechos Sólidos de la Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente, 1975.

Experiencias de Campo de la S.E.D.U.E.

DIAGRAMA PARA LA PREPARACION DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO. NORM-AAA-1985.



NOM-AA-25-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES-DETERMINACION DEL Ph-METODO POTENCIOMETRICO.

ENVIRONMENTAL PROTECTION- SOIL POLLUTION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

La presente norma establece el método potenciométrico para la determinación del valor del Ph en los residuos sólidos. El cual se basa en la actividad de los iones hidrogeno presentes en una solución acuosa de residuos sólidos al 10%.

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

- | | |
|-------------|--|
| NORMA-AA-91 | Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Terminología. |
| NORMA-AA-52 | Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales - Preparación de Muestras en Laboratorio para su Análisis. |

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-91.

4 APARATOS Y EQUIPO

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.001 g
- Potenciómetro con compensador de temperatura, electrodo de vidrio y electrodo de referencia
- Agitador magnético con magnetos recubiertos de teflon o agitador mecánico
- Termómetro de vidrio con escala de 263 K a 393 K (-10 °C a 120 °C)
- Equipo usual de laboratorio

5 MATERIALES Y REACTIVOS

- Solución amortiguadora de Ph = 4.0
- Solución amortiguadora de Ph = 11.0
- Solución amortiguadora de Ph = 7.0
- Agua destilada

6 PROCEDIMIENTO

En la muestra preparada como se establece en la Normas Oficial Mexicana NORMA-AA-52 se toman 20 g para realizar la determinación por duplicado.

- Calibrar el potenciómetro con las soluciones amortiguadoras de Ph= 4.0, Ph = 7.0, Ph = 11.0, según sea el tipo de residuo sólido por analizar.
- Pesar 10 g de muestra y transferirlos a un vaso de precipitado de 250 cm³.

- Añadir 90 cm³ de agua destilada
- Mezclar por medio del agitador durante 10 minutos.
- Dejar reposar la solución durante 30 minutos.
- Determinar la temperatura de la solución. Sumergir los electrodos en la solución y hacer la medición de Ph.
- sacar los electrodos y lavar con agua destilada.
- Sumergir los electrodos en un vaso de precipitados con agua estilada.

NOTA: Para el manejo y cuidados que se deben tener con el potenciómetro, es necesario seguir las indicaciones y recomendaciones del fabricante.

7 CALCULOS

El valor del Ph de la solución, es la lectura obtenida en la carátula del potenciómetro, cuando los electrodos se sumergen en ella.

8 REPRODUCCION DE LA PRUEBA

La diferencia máxima permisible en el resultado de pruebas efectuadas por duplicado no debe exceder de 0.1 unidades de Ph, en caso contrario, repetir la determinación.

9 BIBLIOGRAFIA

Análisis Químico de los Suelos, M.L Jackson. Editorial Omega, 1982.

Manual de la Planta de Tratamiento de Residuos Sólidos. D.D.F. 1976.

NOM-AA-16-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES-DETERMINACION DE HUMEDAD.

ENVIRONMENTAL PROTECTION- SOIL POLLUTION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES-HUMIDITY
DETERMINATION.

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método llamado de Estufa que determina el porcentaje de humedad, contenido en los residuos sólidos municipales: se basa en la pérdida de peso que sufre la muestra cuando se somete a las condiciones de tiempo y temperatura que se establecen en esta norma, considerando que dicha pérdida se origina por la eliminación de agua.

2 REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

- | | |
|-------------|--|
| NORMA-AA-91 | Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos sólidos-Terminología. |
| NORMA-AA-52 | Protección al ambiente-Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales - Preparación de Muestras en Laboratorio para su Análisis. |

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-91.

4 OBTENCION DE LA MUESTRA

La muestra se obtiene en cantidad suficiente para efectuar la determinación por duplicado, según Norma Oficial Mexicana NORMA-AA-52.

5 APARATOS Y EQUIPO

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.001 g
- Estufa
- Caja con tapadera
- Termómetro

6 PROCEDIMIENTO

6.1 Se coloca la caja abierta y su tapa en la estufa a 393 K (120 °C) durante dos horas, transcurrido ese tiempo, se tapa la caja dentro de la estufa, e inmediatamente se pasa al desecador durante dos horas como mínimo o hasta obtener peso constante.

Se vierte la muestra sin compactar hasta un 50% del volumen de la caja.

Se pesa la caja cerrada con la muestra y se introduce destapada a la estufa a 333 K (60 °C) durante 2 horas, se deja enfriar y se pesa nuevamente. Se repite esta operación las veces que sea necesario hasta obtener peso

constante (se considera peso constante cuando entre dos pesadas consecutivas la diferencia es menor al 0.01%).

NOTA: Durante este procedimiento debe utilizarse pinzas.

CALCULOS

El porcentaje de humedad se calcula con la siguiente formula, teniendo en cuenta que para obtener G y G₁ se debe restar el peso de la caja.

$$H = [(G - G_1) / G] \times 100$$

Donde:

H = Humedad en %

G = Peso de la muestra humedad en g.

G₁ = Peso de la muestra seca en g.

8 REPRODUCIBILIDAD

La diferencia máxima permisible entre determinaciones efectuadas por duplicado no debe ser mayor al 1%, en caso contrario, se recomienda repetir la determinación.

9 BIBLIOGRAFIA

Tentative Methods of Analysis of Refuse and Compost Municipal - Refuse Disposal. Appendix A. Pag. 392.
Methods of Soil Analysis Agronomy No. 92-96- American Society of Agronomy. Inc. Publisher.

NOM-AA-18-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS MUNICIPALES-DETERMINACION DE CENIZAS.

ENVIRONMENTAL PROTECTION- SOIL POLLUTION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES-ASH ES DETERMINATION.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método de prueba para la determinación de cenizas de los residuos sólidos municipales.

2. REFERENCIAS

Esta norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NOM-AA-52	Protección al Ambiente-Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Municipales-Preparación de Muestras en laboratorio para análisis.
NOM-AA-91	Protección al Ambiente-Contaminación del suelo-Residuos Sólidos Terminología.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-91.

4. OBTENCION DE LA MUESTRA

La muestra se obtiene en cantidad suficiente para efectuar la determinación por duplicado, según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-52.

5. APARATOS Y EQUIPO

Equipó usual de laboratorio y:

- Balanza granataria con sensibilidad de 0.1 g
- Mufla
- Crisol de porcelana o platino de 50 cm³
- Desecador que contenga algún deshidratante adecuado con indicador de saturación.

6. PROCEDIMIENTO

- 6.1 La muestra se seca hasta peso constante a 333 K (60° C) y se deja enfriar en el desecador.
- 6.2 Poner a peso constante el crisol a temperatura de 478 K (200° C) durante dos horas, se deja enfriar en el desecador y se pesa.
- 6.3 Transferir al crisol aproximadamente 20 g de la muestra seca (que se indica en 6.1) y se pesa con aproximación de 0.1 g
- 6.4 Calcinar en la mufla a 1073 K (800° C) hasta obtener peso constante (se recomienda comprobar el peso constante transcurrida una hora) se deja enfriar en el desecador y se pesa.

NOTA: Se debe evitar que la muestra quede expuesta a corrientes de aire.

8.5 CALCULOS

El porcentaje de cenizas en base seca se calcula con la siguiente fórmula.

$$C = \frac{G3 - G1}{G2 - G1} \times 100$$

En donde:

C = Porcentaje de cenizas en base seca

G1 = peso del crisol vacío en g

G2 = Peso del crisol más la muestra seca en g

G3 = Peso del crisol más la muestra calcinada en g

8. REPRODUCCION DE LA PRUEBA

La diferencia máxima permisible entre determinación efectuadas por duplicado no debe ser mayor del 1% en caso contrario se debe repetir la determinación.

9. BIBLIOGRAFIA

PHYSICAL, Chemical and Microbiological Methods of Solid Waste Testing. U.S. Environmental Protection Agency (EPA 6700-73-01) - 1973

NOM-AA-18-1985. PROTECCION AL AMBIENTE-CONTAMINACION DEL SUELO-RESIDUOS SOLIDOS
MUNICIPALES-DETERMINACION DE MATERIA ORGANICA.

ENVIRONMENTAL PROTECTION- SOIL CONTAMINATION- MUNICIPAL SOLID RESIDUES-ORGANIC-
MATTER DETERMINATION.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente Norma Oficial Mexicana establece el método para la determinación de materia orgánica en los residuos sólidos municipales.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas vigentes:

NOM-AA-52	Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo-Residuos Sólidos Municipales- Preparación de muestras en laboratorio para su análisis.
NOM-AA-91	Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo- Residuos Sólidos-Terminología.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-91.

4. APARATOS Y EQUIPO

Equipo usual de laboratorio.

5. MATERIALES Y REACTIVOS

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser de grado analítico a menos que se indique otra cosa; cuando se hable de agua debe entenderse agua destilada.

- Sulfato Ferroso 0.5N
- Dicromato de Potasio 1N
- Difenilamina al 1%
- Acido sulfurico concentrado al 98%
- Acido Fosfórico al 95%

6. OBTENCIÓN DE LA MUESTRA

La muestra se obtiene según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-52 y en cantidad suficiente para efectuar la determinación con dos series de cinco pruebas cada una.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Simultáneamente correr un blanco por cada serie para obtener el factor de corrección.

7.2 Triturar la muestra en un mortero hasta obtener una consistencia similar al talco.

7.3 Pesar 0.1 g de la muestra y transferirlos a un matraz Erlenmeyer de 250 cm³ de ácido sulfúrico concentrado.

7.4 Agregar con bureta 10 cm³ de dicromato de potasio.

7.5 Agregar 20 cm³ de ácido sulfúrico concentrado.

- 7.6 Agitar enérgicamente durante 30 minutos.
- 7.7 Dejar reposar durante 30 minutos.
- 7.8 Posteriormente agregar 100 cm³ de agua.
- 7.9 Agregar 10 cm³ de ácido fosfórico.
- 7.10 Añadir 0.5 cm³ de difenilamina.
- 7.11 Titular con sulfato ferroso 0.5N hasta que vire de violeta obscuro a verde.

8. CALCULOS

El porcentaje de materia orgánica se calcula con la siguiente formula:

$$\text{Materia orgánica en \%} = \frac{(V_1 N_1 - VNF) K}{P}$$

En donde:

V₁ = Volumen de solución de dicromato de potasio empleado en la muestra en cm³

N₁ = Normalidad de la solución de dicromato de potasio.

V = Volumen de solución del sulfato ferroso gastado en la titulación de la muestra en cm³

N = Normalidad de la solución de sulfato ferroso

P = Peso de la muestra en g

$$K = 0.69 = 0.003 \frac{1.72}{0.74} \times 100$$

en donde:

0.003 = Milliequivalente del carbonó

0.74 = Factor de recuperación

1.72 = Factor para convertir el porcentaje de carbono.

$$F = \frac{V_0 N_1}{V_B N}$$

Donde:

V₀ = Volumen de solución de dicromato de potasio empleado en el blanco en cm³

V_B = Volumen de sulfato ferroso gastado en la titulación del blanco en cm³

9. REPRODUCCION DE LA PRUEBA

La diferencia máxima permisible entre dos series de pruebas, no debe exceder de $\pm 2\%$ en el resultado, en caso contrario repetir la determinación.

10. BIBLIOGRAFIA

- JACKSON, M.L.

Methods of sampling and analysis of solid wastes.

- SWISS FEDERAL INSTITUTE FOR WATER SUPPLY

Section for solid wastes.

Methods of sampling and analysis of solid wastes.

CH - 8600 Duesendort (Switzerland). 1970

- DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL

.Manual de laboratorio de la planta industrializadora de desechos sólidos. México, D. F. 1976

- ING. RICARDO PEREZ HERRERA

Análisis de estudios comparativos para desechos sólidos. Tesis profesional para obtener el título. E.S.I.Q.I.E.

I.P.N. México, D. F. 1976

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS
UNIDAD DE QUIMICA

DETERMINACION DE CENIZAS

PROCEDIMIENTO:

1. Colocar el crisol limpio en el horno o mufla a 600° C durante 1 hora.
2. Trasladar el crisol del horno al desecador y enfriarlo a la temperatura de laboratorio, durante 20 minutos.
3. Pesar el crisol vacío (Anotar el peso tomado cuatro cifras decimales).

Nota: En todos éstos pasos del análisis tener precaución de usar pinzas de metal para manejar los crisoles después que se secan o incineran.

4. Pesar aproximadamente 2 gramos de muestra directamente en el crisol de porcelana.
5. Colocar el crisol en el horno de mufla y mantener a temperatura de 600° C durante toda la noche.
6. Retirar el crisol del horno de mufla, colocarlo en el desecador durante 20 minutos y pesar (anotar este peso).
7. Guardar la muestra de cenizas para la solubilización y determinación de minerales.

CALCULOS:

$$\text{a) } \frac{\text{Peso de crisol + muestra} - \text{Peso de crisol vacío}}{\text{Peso de muestra}}$$

$$\text{b) } \text{Peso de crisol + muestra después de incinerado} - \text{Peso de crisol vacío} = \text{Peso de la ceniza}$$

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ E. E. o grasa} = \frac{\text{Peso extracto etéreo}}{\text{Peso de muestra}} \times 100$$

DETERMINACION DE NITROGENO – METODO KJELDAHL PARA OBTENCION DE PORCENTAJE DE PROTEINAS.

PROCEDIMIENTO:

A. DIGESTION:

- Pesar en papel filtro más o menos 0.1 g de muestra y colocarla en un balón para micro kjeldahl de 100 MI si la muestra es líquida medir con pipeta volumétrica 1 MI.
- Agregar el balón, pesado y medido exactamente:
 - 0.2 gramos de ácido salicílico
 - 1.5 gramos de sulfato de sodio o potasio
 - 0.5 gramos de tiosulfato de sodio
 - 0.1 gramos de óxido de mercurio
 - 0.2 6.0 MI de ácido sulfúrico

- Agitar durante 5 minutos esta mezcla y colocar los balones en el aparato, los 6 al mismo tiempo y conectar al sistema de extracción de vapores. Mover constantemente (por medio de rotación) los balones y esperar hasta que la solución esté clara.

B. DESTILACION:

- Enfriar los balones, agregar agua destilada más o menos hasta la mitad del bulbo, esperar que enfrien nuevamente.
- Agregar 3.5 MI de solución tiosulfato de sodio al 8%; 6 perlas de vidrio y 15 MI de solución de hidróxido de sodio al 50%.
- Recibir el destilado en un erlenmeyer de 50 MI el que debe contener 15 MI de solución de ácido bórico al 4%, más dos gotas de indicador y colocarlas en el aparato.
- Destilar aproximadamente 30 MI dejar enfriar y titular con solución de ácido clorhídrico 0.1 ó 0.25 N.

CALCULOS:

El porcentaje de nitrógeno total se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{(\text{MI HCL muestra} - \text{MI HCL testigo}) \times N \times 14 \times 100}{\text{Peso de muestra} \times 100}$$

$$\% \text{ Nitrógeno} = \text{proteína cruda} \times 6.25$$

factor 6.25 mayoría de proteínas animales

Cuando se trate de otro tipo de muestra debe buscarse el factor correspondiente, ejemplo:

$$5\% \text{ proteína en base seca} = \frac{\% \text{ de Proteína}}{\% \text{ de Materia seca}} \times 100$$

DGN-AA-32-1975 NORMA OFICIAL MEXICANA
DETERMINACION DE FOSFORO TOTAL EN DESECHOS SOLIDOS (METODO DE
FOSFOVANADOMOLIBDATO)

METHOD OF TEST FOR PHOSPHORUS OF SOLID WASTE

1. OBJETIVO

Esta Norma establece el método fotométrico para la determinación de fósforo total contenido en desechos sólidos.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Este método no es aplicable a productos que producen soluciones coloridas como son los del tipo denominado escorias básicas. Los citratos interfieren evitando el desarrollo máximo del color.

3. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con la Norma Oficial Mexicana "Muestreo de Desechos Sólidos Urbanos", DGN-AA-15-1975.

PRINCIPIO

El método se basa en disolver y transformar los compuestos fosforados a ortofosforados, los cuales se hacen reaccionar para formar el complejo de fosfovanadomolibdato, cuya densidad de color se mide fotométricamente.

REACTIVOS Y MATERIALES

8.6 Reactivos

Los reactivos que a continuación se mencionan deben ser grado analítico, a menos que se indique otra cosa.

Cuando se hable de agua se debe entender agua destilada o desmineralizada.

- Acido nítrico (HNO_3), 69-71%
- Acido perclórico (HClO_4), 70-72%
- Solución de vanadomolibdato:
 - a) Se disuelven 40 g de molibdato de amonio ($(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), en 400 ml de agua caliente y se deja enfriar.
 - b) Se disuelve 2 g de metavanadato de amonio (NH_4VO_3), en 250 ml de agua caliente, se deja enfriar y se agregan 450 ml de ácido perclórico.
 - c) Se vierte lentamente y con agitación de solución a) a la solución b) y se diluye con agua a 2 litros.

Solución patrón de pentóxido de fósforo (P_2O_5):

- Se pesan 9.5876 g de fosfato de potasio monobásico (KH_2PO_4), secado previamente a peso constante en estufa a 105°C ; se disuelven en agua, se transfiere a un matraz aforado de 500 ml y se lleva hasta la marca con agua. Esta solución contiene 10 mg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ml}$. Se miden 10 ml de esta solución, se transfiere a un matraz aforado de 1000 ml y se lleva con agua hasta la marca. Esta solución contiene 0.1 mg de $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ml}$.

NOTA: A fin de asegurarse de la pureza del fosfato de potasio monobásico, se recomienda recrystalizar y secar hasta peso constante en la estufa a 105°C .

8.7 Materiales

- Papel filtro (Whatman No. 5 o similar), de 11 cm de diámetro.

APARATOS Y EQUIPO

- Balanza analítica con sensibilidad de 0.0001 g.
- Calorímetro o espectrofotómetro y celdas.
- Placa de calentamiento.
- Equipo usual de laboratorio.

PREPARACION DE LA MUESTRA

La muestra se extrae como se indica en la Norma Oficial Mexicana de "Muestreo de Desechos Sólidos Urbanos", DGN-AA-15 en vigor, y se pesan 10g de muestra para la determinación.

PROCEDIMIENTO

8.8 Precauciones de Seguridad.

8.9 Se debe tener precaución con el manejo del ácido perclórico, para evitar reacciones violentas en combustión húmeda con este ácido. Se debe tratar la muestra previamente con ácido nítrico para destruir la materia orgánica fácilmente oxidable. No se debe llevar a sequedad. Se debe trabajar con protección facial y bajo campana de extracción.

8.10 Determinación

8.10.1 Preparación de la solución de fósforo.

8.10.1.1 Se transfiere la muestra de análisis (10 g) a un vaso de precipitados de 250 MI. Se agregan 20-30 MI de ácido nítrico, se cubre con un vidrio de reloj y se hierve en la placa de calentamiento durante 30-45 minutos.

8.10.1.2 Se deja enfriar, se agregan 10-20 MI de ácido perclórico y se hierve suavemente hasta que desaparezcan los vapores nitrosos. Si es necesario se agregan porciones de 10 MI de ácido nítrico tantas veces como se requiera para decolorar la solución:

8.10.1.3 Se enfría, se agregan 50 MI de agua y se hierve durante 5 minutos. Se filtra a través de papel filtro y se recibe el filtrado en un matraz aforado de 250 MI. Se lava dos veces con agua caliente, se enfría y se lleva hasta la marca con agua.

8.10.2 Desarrollo de color

8.10.2.1 Se mide una alícuota que contenga de 3 a 4 mg de P_2O_5 como se indica en la Tabla I y se transfiere a un matraz aforado de 100 MI.

TABLA 1

Contenido de P_2O_5 en la muestra (%)	Alícuota 1 para dilución (MI)	Dilución D1 de la Alícuota 1 (MI)	Alícuota 2 para desarrollo de color tomado de D1 (MI)	Contenido P_2O_5 en la Alícuota 2 (mg)
+0.5-1.0	50	100	25	2.5-5.00
1.0-1.5	25	100	25	2.5-3.75
1.5-2.0	25	100	20	3.0-4.00
2.0-2.5	20	100	20	3.2-4.00
2.5-3.0	20	100	15	3.0-3.60
3.0-3.5	15	100	15	2.7-3.10
3.5-4.0	15	100	15	3.1-3.60
4.0-4.5	15	100	15	3.6-4.00
4.5-5.0	15	100	15	4.0-4.50

- Para muestras con un contenido de P_2O_5 menor de 0.5% se deben ajustar las diluciones, de manera que la alícuota sobre la que se va efectuar la determinación contenga de 3 a 4 mg de P_2O_5 , y sea de un volumen de 50 MI como máximo.

8.2.2.2 Al mismo tiempo se miden 20 MI de la solución patrón de 0.1 mg de P_2O_5 /MI y se transfieren a un matraz aforado de 100 MI. Se ajusta con agua a un volumen aproximado de 50 MI y tomando un tiempo no mayor de 5 minutos para toda la serie de determinaciones, se agregan con bureta o pipeta 20 MI de solución de vanodomolibdato. Se lleva hasta la marca con agua, se homogeneiza y se deja reposar 10 minutos.

8.2.3 Medición fotométrica.

8.2.3.1 Transcurridos los 10 minutos, se transfieren la solución patrón conteniendo 2 mg de P_2O_5 y la muestra a las celdas.

8.2.3.2 Se ajusta el espectrofotómetro o colorímetro a lectura "cero" de absorbancia con la solución patrón de 2 mg de P_2O_5 y una longitud de onda de 400 nm.

8.2.3.3 Se mide la absorbancia de la muestra y se anota la lectura.

NOTA: En el caso de que se use un fotocolorimétrico como el Klett-Summerson, se empleará el filtro No. 42 que tiene un intervalo espectral de 400-465 nm. La longitud de onda que se emplee debe estar en 400-460 nm y la selección debe basarse en las características espectrales.

8.3 Curva de calibración.

De la solución patrón de 0-1 mg de P_2O_5 /MI se miden alícuotas como indica en la Tabla II, se transfieren a matraces aforados de 100 MI y se prosigue como se indica en DETERMINACION a partir de 8.2.2 y 8.2.3 inclusive. Se elabora una gráfica tomando como ordenadas los mg de P_2O_5 y como abscisas las lecturas de absorbancia.

TABLA II Alícuota de solución patrón

Ml de solución patrón	mg de P ₂ O ₅
20	2.0
25	2.5
30	3.0
35	3.5
40	4.0
45	4.5
50	5.0

8.3.1 Expresión de resultados.

8.3.1.1 Métodos de cálculos y fórmulas.

Contenido de fósforo total es dado como porcentaje en masa por la siguiente fórmula:

$$\% P_2O_5 = \frac{m1 \times V1 \times V2}{m0 \times A1 \times A2} \times 100$$

_Donde:

m1 = es la masa, en miligramos, de P₂O₅ leídos en la curva de calibración.

V1 = el volumen, en mililitros, de la solución de la porción de análisis.

V2 = el volumen, en mililitros, de la solución D1 (véase Tabla I).

M0 = la masa en miligramos, de la porción de análisis.

A1 = el volumen, en mililitros, de la alícuota 1 (véase Tabla I).

A2 = el volumen, en mililitros, de la alícuota 2 (véase Tabla I).

Compatibilidad

La diferencia entre resultados obtenidos para diferentes porciones de análisis, no deberá exceder de 0.1 por ciento, en caso contrario se tendrá que repetir la determinación.

a) Datos relacionados con la muestra como:

- identificación y/o descripción
- datos sobre toma de la misma
- fecha de recepción de la muestra
- fecha de terminación del análisis

b) Referencia al método empleado.

c) Resultados y métodos de expresión usados (base seca o base húmeda)

d) Anomalías observadas durante la prueba.

e) Cualquier operación no incluida en esta norma o que fuese opcional y pudiera afectar los resultados.

BIBLIOGRAFIA

- a) "Official Methods of Analysis", 11° ed., A.O.A.C. (Association of Official Agricultural Chemists) Washinton D.C., sec. 2.017-2.022, 1970.
- b) "Analytical Methods", 2° ed. (National Plant Food Institute Washington. D.C., Met.-3.630, 1968.
- c) "Laboratory Manual", Tennessee Valley Authority.- Muscel Shoals, Alabama, P. 30.39.

NOM-AA-40-1984. NORMA OFICIAL MEXICANA DETERMINACION DE AZUFRE EN DESECHOS SOLIDOS.
METHOD OF TEST FOR AZUPHRE SOLID WASTE.

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

La presente Norma establece el método para la determinación de azufre transformándolo en sulfato de sodio mediante el tostado de los residuos sólidos en presencia de oxilite.

2. REFERENCIAS

Esta Norma se complementa con las siguientes Normas oficiales Mexicanas Vigentes:

NOM-AA-91 Protección al ambiente-Contaminación del suelo
residuos sólidos-Terminología.

NOM-AA-32 Protección al ambiente-Contaminación del suelo
residuos sólidos municipales-Preparación de

muestras en laboratorio para su análisis.

3. DEFINICIONES

Para los efectos de esta Norma las definiciones son las establecidas en la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-91.

4. APARATOS Y EQUIPO

Equipo usual de laboratorio además de:

- 4.1 Balanza analítica con sensibilidad de 0.001 g
- 4.2 Estufa con regulador de temperatura capaz de alcanzar temperatura de 373 K (100°C) como mínimo.
- 4.3 Mufla con regulador de temperatura, capaz de alcanzar y mantener 873 K (600°C) como mínimo.
- 4.4 Parrilla eléctrica con regulador de temperatura
- 4.5 Embudo de vidrio tallo largo con boca de 12 cm de diámetro
- 4.6 Vasos de precipita de 1000 cm³ de capacidad
- 4.7 Crisol de porcelana de 30 cm³ de capacidad

5. REACTIVOS Y MATERIALES

5.1 Reactivos

Los reactivo que a continuación se mencionan deben ser de grado analítico, a menos que se indique otra cosa; cuando se hable de agua se debe entender agua destilada.

- 5.1.1 Oxilite o peróxido de sodio (Na₂O₂)
- 5.1.2 Solución de cloruro de bario (Ba Cl₂) al 10%
- 5.1.3 Solución de nitrato de plata (AgNO₃) al 1%
- 5.1.4 Solución de ácido nítrico (HNO₃) 1:5
- 5.1.5 Solución indicadora de fenolftaleína (0.2 g de fenolftaleína en 100 cm³
de alcohol etílico al 95%)

5.2 Materiales

5.2.1 Papel filtro Whatman No. 40 ó similar de 11 cm de diámetro.

6. OBTENCION DE LA MUESTRA

La muestra se toma en cantidad suficiente para efectuar la determinación por duplicado según la Norma Oficial Mexicana NOM-AA-52.

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Pesar en el crisol de 2 a 3 g de muestra.

7.2 Añadir de 1 a 2 g de peróxido de sodio al crisol que contiene la muestra y se homogeneiza, se tapa y se coloca en la parrilla eléctrica.

7.3 Encender la parrilla eléctrica para que se realice el tostado de azufre contenido en la muestra. La conversión completa a sulfato de sodio se realiza cuando la muestra y el peróxido de sodio cambian al estado líquido, a continuación, se retira para su enfriamiento.

7.4 En el vaso de precipitado añadir 300 cm³ de agua y colocar dentro de este, el crisol conteniendo el producto obtenido en el punto anterior, añadir de 5 a 10 gotas de solución de fenolftaleína y agregar con cuidado la solución de ácido nítrico hasta decolorar la solución y se homogeneiza con un agitador.

7.5 Agregar 5 cm³ de solución de Cloruro de Bario.

7.6 Enfriar el vaso y dejarlo reposar cuando menos 12 h, para la precipitación post precipitación del Sulfato de Bario.

7.7 Colocar el contenido del vaso y lavarlo con agua caliente para luego filtrarlo. En este momento se encuentra retenido en el filtro sulfato de bario y cloruro de bario.

7.8 Encontrar el cloruro de bario del sulfato de bario hasta que el agua filtrada no en la solución del nitrato de plata.

Secar en la estufa a 333 K - 353 K (60 °C - 80 °C) durante 2 horas hasta peso constante, el crisol de porcelana que contiene el filtro y el filtrado.

7.9 Calcinar el filtro y el filtrado en la mufla a 973 K a 1073 K (700 °C a 800 °C) durante una hora. Enfriar el crisol en el desecador, hasta peso constante.

La diferencia de peso entre el crisol vacío a peso constante, corresponde al sulfato de bario.

8. CALCULOS

El porcentaje de azufre se calcula con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{G1 \times 0.1374}{G} \times 100$$

Donde:

S = Contenido de azufre en %

G1= Masa de sulfato de bario en g

G = Masa de la muestra del residuo sólido en g

0.134 = Factor gravimétrico de conversión de Sulfato de bario a azufre (Fg)

Donde:

Fg = $\frac{\text{Masa atómica del azufre}}{\text{Masa molecular del sulfato de bario}}$

$$Fg = \frac{32.064}{233.404} = 0.1374$$

La diferencia entre determinaciones efectuadas por duplicado no debe exceder de 0.1%. En caso contrario la determinación

10. BIBLIOGRAFIA

A. O. A. C. 1978

American Organization Agricultural Chemistry 1978

ANEXO E
RESULTADOS DE ANALISIS FISICOQUIMICOS.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA

Ciudad Universitaria, 30 de Noviembre de 1999.

Bachilleres
Ana Concepción Yanes
Keny Marisol Nuñez
Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Presente

A continuación se detallan resultados de Muestra de desechos sólidos (Análisis Bromatológico con normas Mexicanas); recibida el 11 de octubre de 1999.


Nitrógeno Total	0.617% Método Kjeldahl
Materia Orgánica	46.17
Humedad	9.53%
Cenizas	15.18%
Carbono Total	26.84%
Relación Carbono Nitrógeno C/N	43.40
Hidrógeno	3.08%
Fósforo	0.59% (% P ₂ O ₅)
Azufre	Negativo

Sin más por el momento me suscribo de Ustedes,

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"


Dra. Francisca Canas de Moreno
Jefe del Departamento de Química Agrícola




Lic. Digna Dalceia de García
Responsable del Análisis

c.c.: Archivo.

TEL.: 225-2572 FAX.: 225-1506
SAN SALVADOR, EL SALVADOR, C.A

ANEXO F

ENCUESTA PARA AUDITORIA AMBIENTAL A
LOS ENCARGADOS DE LOS
DEPARTAMENTOS DE LIMPIEZA.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
CUESTIONARIO PARA AUDITORIA AMBIENTAL

Para realizar un estudio sobre la generación de residuos sólidos, solicitamos su amable colaboración, para contestar las siguientes preguntas:

Nombre de la Facultad _____

1. La responsabilidad del manejo de los desechos sólidos y la limpieza está a cargo de:

Administrador Financiero de la Facultad

Conserje de la Facultad

Otros

2. ¿Cuál es el número de trabajadores destinados a la limpieza y recolección de basura? :

Horario de cada turno	Número de trabajadores

3. ¿ Qué presupuesto tiene asignado la Facultad para área de limpieza?

4. Para la seguridad de los empleados de la limpieza qué tipo de equipo utilizan:

Guantes Mascarilla Vacunas

Botas Uniformes Otros

5. ¿ El personal de limpieza ha tenido algún incidente grave en el manejo de la basura?

Explique _____

6. La frecuencia de recolección interna es:

- Diaria Dos veces al día Tres veces al día
 Otro

7. ¿Qué tipo de recipiente es utilizado para la recolección de desechos sólidos?

Lugar	Recipientes						
	Barril	Recipientes plásticos	Recipientes de aluminio	Bolsas	Sacos	Cajas de cartón	Otros (Especifique)
Aulas							
Oficinas							
Baños							
Areas verdes							

8. ¿A qué centro de acopio (basurero) dentro de la UES llevan la basura recolectada? :

Oficinas Centrales Ingeniería Medicina

Derecho Deportes

9. Realiza la separación de residuos antes de llevarlos al basurero.

Basura de baño Residuos de Jardinería

Desechos de Clínicas Papel de Oficina

Botellas de Vidrio Plástico

10. Se realiza la recuperación de algún Sub-Producto: Si (.) No ()

Botellas de Vidrio

Papel y Cartón

Plástico

Aluminio

Jardinería

Otros

11. Si usted realiza la recuperación ¿Cuál es la razón principal?

- a. Preocupación por el medio ambiente
 b. Preocupación por la disponibilidad de espacio en los vertederos
 c. Otras personas me animan a recuperar

d. Me pagan por los objetos recuperados

e. Otras _____

12. En el caso de recuperar algunos de los materiales antes mencionados

¿Cómo los comercializa?

¿Por qué no lo hace?

13. Dentro de la Universidad se realiza algún plan de limpieza, donde se incluya la participación de todas las Facultades que pertenecen a ésta? Si () No ()

14. Conoce usted sobre alguna de las siguientes técnicas de gestión ambiental:

- Reutilización
- Reuso
- Reciclaje
- Biodegradación

15. La disposición actual de los desechos sólidos es por:

- Basurero municipal
- Quema a cielo abierto
- Entierra dentro de la UES
- No Sabe

16. ¿ Cuánto personal cree que es conveniente para obtener una buena recolección de basura en su facultad?

17. ¿ Qué solución recomienda Usted para mejorar el sistema de limpieza?

ANEXO G
TEORIA SOBRE PROYECTOS DE
GESTION DE RESIDUOS
SOLIDOS.

G1. COMPOSTAJE

G2. RECICLAJE

G3. RESIDUOS HOSPITALARIOS

G.1 Compostaje.

Es la acción de transformar los residuos orgánicos, a través de procesos físicos, químicos y biológicos, en una materia más estable y resistente a acciones de las especies consumidoras.

La producción de compost o compostaje se puede hacer de 2 formas:

1. Con microorganismos que necesitan oxígeno. El proceso se llama aeróbico.
2. Con microorganismos que no necesitan oxígeno. El proceso se llama anaeróbico.

En el proceso de compostaje la materia orgánica pasa por dos estados importantes:

- a) Digestión: ocurre en primer lugar y corresponde a la fase de fermentación en la cual la materia alcanza la bioestabilización.
- b) Maduración: en la cual la materia orgánica alcanza la humificación a esta etapa también se le conoce como CURADO. (López, 1998)

G.1.1 Ventajas del Compostaje.

1. Aprovechamiento agrícola y en jardinería
2. Economía de espacio en el relleno sanitario
3. Reciclaje de nutrientes para el suelo
4. Proceso ambientalmente seguro
5. Eliminación de patógenos

El proceso aeróbico es el más recomendado por ser más rápido, más fácil de hacer, genera compostaje de mayor calidad y no tiene olores desagradables.

Para producir compost en forma aeróbica, hay que garantizar que los materiales estén en presencia de oxígeno. Los desechos se colocan en una pila donde hay que voltearlos con regularidad y deshacer terrones grandes, para que el oxígeno penetre a todas las partes, además hay que mantener cierta humedad para que el ambiente sea favorable para los microorganismos.

En el compostaje los microorganismos se comen el material orgánico y se comen entre sí, otros organismos como los gusanos ayudan a crear túneles donde pasa el oxígeno. En este proceso la pila de material orgánico se calienta y lo que se produce es algo de textura similar a la tierra negra, llamado compost. (López, 1998)

G.1.2 Factores que afectan el Compostaje.

El tiempo necesario para el compostaje de los residuos orgánicos está asociado a varios factores que influyen en el proceso, al método empleado y a las técnicas operacionales. El compostaje natural emplea de 60 a 90 días para alcanzar la bioestabilización y de 90 a 120 días para la humificación. El compostaje acelerado tarda de 45 a 60 días para el semicurado, y de 60 a 90 días para el curado completo o humificación.

- ◆ Materiales orgánicos utilizados. Dependiendo de los materiales, así se tardará su descomposición.
- ◆ *Oxígeno*. Al no haber suficiente oxígeno se origina una fermentación anaeróbica y se generan malos olores, además retarda el proceso de compostaje. También el exceso de oxígeno retarda el proceso. Aeración es necesaria para la actividad biológica y, en niveles adecuados posibilita la descomposición de la materia

orgánica de una forma más rápida, sin malos olores. Es una función de la granulometría y de la humedad de los residuos.

- ◆ *Temperatura.* Las altas temperaturas que se generan matan patógenos y aceleran el compostaje, las bajas temperaturas lo retardan. El proceso comienza a la temperatura ambiente, pero a medida que la acción microbiana se intensifica, con la aereación apropiada, la temperatura se eleva hasta alcanzar valores superiores a 55-60°C, en los que se mantiene por un periodo de tiempo, cuya duración depende de las características de los residuos y de la operación de la unidad de selección. La temperatura inferior a 37°C se toma en un proceso más lento y no elimina huevos, presentes en la masa. Temperaturas por encima de 60°C pueden inhibir el proceso o cesarlo.
- ◆ *Influencia del apilamiento:* La forma de apilar tiene influencia en la calidad del producto final. La práctica recomienda que las pilas deben tener de 3 a 4 m de largo, 1.5 a 2 m de altura y ancho indeterminado. La disposición de las pilas debe ser planeada de tal manera que permita el movimiento periódico de las pilas y el tráfico de las maquinarias pesadas.
- ◆ *Humedad.* El compostaje es mantenido en una faja de humedad de 40 % a 60 % en peso seco de materia orgánica por descomponerse. Niveles de humedad baja de 40 % retarda el proceso por inhibir la actividad biológica. Humedad por encima del 60 % se torna el medio anaerobio porque baja el potencial de oxidación-reducción y genera mayor cantidad de lixiviados además produce olores desagradables y atrae moscas y mosquitos.
- ◆ *pH:* Los residuos sólidos domiciliarios son ácidos, con pH inicial del orden de 4.5 a 5.5. La composta orgánica debe tener un pH mínimo de 6. La composta curada humificada tiene un pH del orden de 7.0 a 8.0.
- ◆ *Granulometría:* El residuo debe tener una granulometría adecuada para el proceso según el método natural, a fin de garantizar una buena aereación de los camellones. Las dimensiones de las partículas como materia prima deben acercarse a 1.2 cm x 5 cm. El exceso de partículas finas puede provocar la producción de residuos líquidos y la formación de pegotes.
- ◆ *Relación C/N:* El carbono y el nitrógeno son dos elementos fundamentales en el proceso de compostaje. La relación para una adecuada descomposición de los elementos, debe ser de 30 partes de carbono por 1 parte de nitrógeno. Una forma adecuada aunque no exacta de lograr la relación C/N es mezclando un 50% de materiales color verde que contienen carbono, con un 50% de materiales secos o color café que son ricos en nitrógeno. (López, 1998).

G.1.3 Etapas Biológicas Del Compostaje.

En una pila de compostaje hay 3 grupos principales de organismos:

- ◆ Consumidores primarios.
- ◆ Consumidores secundarios.
- ◆ Consumidores terciarios.

En un gramo de compost hay más de 10 millones de consumidores primarios o microorganismos, la mayor parte son bacterias, que generan calor como producto de su trabajo y se clasifican de acuerdo al rango de temperatura que operan:

- ◆ Psicrófilas: Entre -18°C y 18°C (0 y 64°F)

- ♦ Mesofílicas: Entre 5°C y 43°C (41 y 109°F)
- ♦ Termofílicas: Entre 40 y 93°C (104 y 200°F)

Lo deseable es alcanzar en la pila condiciones termofílicas (arriba de los 40°C), porque esas bacterias son las que trabajan más rápido y hay otros microorganismos que solo trabajan a esas temperaturas además se destrozan microbios patógenos y malezas.

Entre los consumidores primarios también están los actinomicetos que son un tipo de bacterias similar a los hongos, que dan al compost un agradable olor a tierra, los hongos y los gusanos que agregan material valioso al compostaje y la porosidad creada contribuye a la aireación del mismo. Cuando hay poco aire y mucha humedad se genera otro tipo de bacterias, las anaeróbicas, que son las causantes de los malos olores.

El agua es necesaria para facilitar que los nutrientes estén disponibles a los microbios y para que estos puedan realizar sus procesos reproductivos, metabólicos y asimilativos. (Navarro, 1997)

G.1.4 La Preparación de la Pila de Compost.

Lo que se ponga en la pila de compostaje va a determinar la estructura, composición, olor y compostabilidad de la pila. Si se pone los materiales adecuados y en la cantidad adecuada en la pila, el proceso de descomposición será más rápido, se van a reducir los malos olores, se mantendrán alejadas las plagas, se va a prevenir la diseminación de plantas o insectos indeseados y se producirá un compost de calidad. Primero hay que identificar los materiales ricos en carbono y en nitrógeno.

Todo lo orgánico tarde o temprano se va a compostar, sin embargo, en una pila casera de compost es mejor no incluir lo siguiente:

Mantequilla	Huesos	Queso
Aceite vegetal	Pollos	Pescado
Aderezos	Mayonesa	Carne
Mantequilla de mani	Leche	Yogur

Algunas consideraciones:

- La carne, el pescado, los huesos, los productos lácteos y las grasas atraen moscas y plagas.
 - Plantas infectadas o huevos de larva pueden sobrevivir el compostaje e infectar el producto.
 - Hay plantas que son muy tóxicas a los insectos o a otras plantas y pueden dañar el proceso de compostaje.
 - El excremento de perros y gatos puede tener patógenos que sobreviven al proceso de compostaje.
- Los vegetales que han sido tratados con químicos pueden transportar esos químicos a la pila y matar a los organismos que producen el compost. Algunos de estos químicos se volatilizan y se escapan.
- Pequeñas cantidades de papel periódico, filtros de café, etc., son aceptables en la pila, aunque mucho papel puede concentrar demasiada humedad y detener el proceso de compostaje, además la celulosa cuesta que se biodegrade.
 - Papel brillante no debe incluirse en la pila de compost porque algunas tintas y el recubrimiento pueden tener materiales tóxicos y metales pesados dañinos para el proceso de compostaje.
 - El compostaje se acelera si los materiales se cortan en pedazos pequeños porque hay más superficie expuesta a la acción de los microorganismos, esto es bueno hacerlo con los desechos de la cocina; sin

embargo para los residuos verdes como la grama se recomienda que los pedazos no sean menores de 3 a 5 centímetros porque tienden a formar una masa y no dejan que haya oxígeno presente. (Navarro, 1997)

G.1.5 Como Mantener Condiciones Aeróbicas.

Es necesario garantizar que hayan condiciones aeróbicas en la pila, esto va a evitar malos olores, acelerar el proceso y producir un mejor compost.

La aireación.

Se puede lograr la presencia de oxígeno en varias formas:

- Colocando en medio de la pila materiales como ramas que permitan el paso de aire.
- Poner la pila en estratos, de acuerdo a los diferentes tipos de desechos y darle vuelta cada cierto tiempo.
- Colocar chimeneas desde la base del tope y luego quitarlas para que permitan el paso del aire.

Las pilas con materiales de alto contenido de nitrógeno requerirán mas aire que las que tienen alto contenido de carbono.

Cuando se va a iniciar una nueva pila es conveniente colocar una base de abono ya producido (compostaje) porque allí van a ir los organismos que van a iniciar el proceso de nuevo.

Cuando se ponen desperdicios de cocina hay que cubrirlos con aserrín, tierra o ponerlos al interior de la pila para desanimar la presencia de moscas.

Inoculadores.

Un inoculador es un cultivo de microorganismos que se agrega a una pila de compost para acelerar el proceso de compostaje. Los inoculadores usualmente buscan proveer un mejor balance nutricional o ambiental para los microorganismos que están presentes. Para ser útil un inoculador debería lograr cualquiera de lo siguiente:

- a) Suministrar un tipo de microbio que se necesita y no esta presente en el material que se va a compostar.
- b) Incrementar micro organismos cuando se tiene población deficiente de los mismos.
- c) Introducir un grupo de microorganismos mas efectivo que los ya presentes.

Activadores.

Los activadores o catalizadores como el excremento de vaca, suministran una fuente de nutrición para acelerar la reproducción de microorganismos y por consiguiente la descomposición de la materia, son útiles particularmente donde hay materiales con alto contenido de carbono. (Navarro, 1997)

G.1.6 Métodos Para La Elaboración de Compostaje.

Entre las formas de compostaje más importantes que se promueven y utilizan están:

- Pila casera.
- Cajones.
- Compostaje con gusanos.
- Barril.
- Mulching.
- Trincheras (fosas).

Pila: debe ser el tamaño entre 3 a 4 m de largo, 1.5 a 2 m de altura y ancho indeterminado para garantizar autocalentamiento y aereación general.

Cajón: Son mas firmes y mas discretas que las de tipo corral o las de montículo, pero necesitan mas trabajo. Pueden construirse con bloques de cemento o laminas de zinc con marcos de madera. El frente del cajón debe tener una tapa movable que permita mezclar los ingredientes.

Lombricario: Consiste en el cultivo de lombrices con el propósito de obtener humus. Para ello se requiere de una "cama" que consiste en un marco de madera con una bolsa de cedazo fino, en la cual se ubican los desechos junto con las lombrices.

Barril: Se puede hacer abono en un barril giratorio. El barril debe tener algunos agujeros que faciliten la oxigenación de los desechos y una tapa en la cual podemos depositarlos y además, extraer el abono. Lo que se debe hacer es girar el barril por lo menos una vez a la semana.

Mulching: Mulches son materiales sintéticos o naturales que se colocan sobre el suelo para cubrirlo y ayudan en lo siguiente: retener humedad, reprimir el crecimiento de cizaña, aísla el suelo de temperaturas extremas y prevenir la erosión del suelo y compactación.

Compostaje de Trinchera: El compostaje de trinchera consiste en abrir hoyos para depositar los desechos, es mas lento que el compostaje con pila pero funciona.

Montículo: Consiste, simplemente, en colocar los desechos(verdes y café) en capas, formando montículos de unos 2 metros de largo por 2 metros de ancho. Las capas deben ser de unos 30 centímetros de grosor.

Corral: Es una estructura circular (de estacas o varillas) con una malla alrededor y por debajo. Las dimensiones pueden ser similares a las de la abonera de montículo, aunque recuerde que usted la puede diseñar según con sus necesidades.

Varias cajas: Consiste en tres cajas (o una con divisiones) sin fondo, que permitan depositar los desechos en el suelo e ir trasladando los materiales de una y otra conforme los materiales se van descomponiendo.

Interna: Este tipo de abonera sirve en lugares donde no hay patio o jardín. Se necesita un tarro (plástico o de metal) con agujeros en la tapa y los lados. (ZURQUI. DESECHOS ORGANICOS, 1999)

G.2 Reciclaje.

¿Qué es reciclar?

Para el público en general, reciclar es sinónimo de recolectar materiales para volverlos a usar. Sin embargo, la recolección es sólo el principio del proceso de reciclaje.

Una definición bastante acertada nos indica que reciclar es cualquier proceso donde materiales de desperdicio son recolectados y transformados en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos como nuevos productos o materias primas.

¿Por qué reciclar?

Reciclar es un proceso simple que nos puede ayudar a resolver muchos de los problemas creados por la forma de vida moderna.

Se pueden salvar grandes cantidades de recursos naturales no renovables cuando en los procesos de producción se utilizan materiales reciclados. Los recursos renovables, como los árboles, también pueden ser salvados. La utilización de productos reciclados disminuye el consumo de energía. Cuando se consuman menos

combustibles fósiles, se generará menos CO₂ y por lo tanto habrá menos lluvia ácida y se reducirá el efecto invernadero.

En el aspecto financiero, podemos decir que el reciclaje puede generar muchos empleos.

Se necesita una gran fuerza laboral para recolectar los materiales aptos para el reciclaje y para su clasificación. Un buen proceso de reciclaje es capaz de generar ingresos.

G.2.1 Obstáculos para el reciclaje.

El reciclaje tiene beneficios obvios, sin embargo también existen algunos obstáculos que hay que superar.

Tal vez, el principal problema al que se enfrentan las personas cuando quieren generar un proceso de reciclaje, es la falta de educación de la sociedad en general sobre este aspecto. Las sociedades en general no entienden lo que le está pasando al planeta, especialmente en lo que se refiere a los recursos naturales.

Los problemas sociales relacionados con el reciclaje no se solucionan solamente con la educación. Las sociedades tienden a resistirse a los cambios. El ciclo tradicional de adquirir - consumir - desechar es muy difícil de romper.

Reciclar en la oficina o en el hogar requiere de un esfuerzo extra para separar los materiales. Siempre será más conveniente el hábito de arrojar todo hacia fuera.

La investigación ha hecho que sea posible la reducción de residuos, conduciendo al desarrollo de nuevas tecnologías, garantizando que el índice de recuperación y de reciclado de compuestos de cloro y productos derivados se incremente en el futuro.

G.2.2 Materiales Reciclables.

Papel:

Es quizá, uno de los materiales más utilizados en nuestra vida cotidiana, está junto a nosotros en clases, cuando leemos una revista, libro o periódico y cuando pagamos con un billete el pasaje del autobús, oficinas etc. Por su uso frecuente y generalizado el papel pasó a convertirse en uno de los principales protagonistas de la corriente de desechos sólidos en el mundo. Dada la dimensión de esta cantidad de papel, se ha ideado maneras de recuperarlo y reciclarlo. El papel usado pasó a ser materia prima para nuevos tipos de papel, cartones y empaques entre otros. (ZURQUI, PAPEL, 1999)

Plástico:

El plástico es uno de los materiales de mayor importancia para nuestras vidas, en cualquier lugar encontramos productos hechos con este material: desde el más elemental juguete hasta las más avanzadas computadoras. La historia de los plásticos comenzó cuando se descubrió que algunas resinas naturales podían moldearse para elaborar objetos de uso práctico.

La importancia de los plásticos crece cada día más, pero también la contaminación que genera y esto se une al hecho que existen pocas plantas de reciclaje de plástico en el país. A pesar de la fuerza del reciclaje de plásticos los industriales reconocen que aún falta mucho camino por recorrer, principalmente porque es un proceso de alto costo.

El reciclaje del plástico puede avanzar en cuatro caminos:

1. **Reciclaje Primario:** es el proceso de reciclaje de productos plásticos del mismo tipo para producir nuevos materiales. Se requieren desechos plásticos limpios y clasificados, que se muelen y se convierten en gránulos de plástico que luego se derretan y dan forma a nuevos productos.
2. **Reciclaje Secundario:** Permite la combinación de varios tipos de plástico. Con este se crean productos son postes u otros sustitutos de la madera, concreto o metal.
3. **Reciclaje Terciario:** Consiste en la producción de químicos y combustibles a partir de plásticos desechados.
4. **Reciclaje Cuaternario (o con valor energético):** Es el aprovechamiento de la energía del plástico a través de su combustión debido a su alto contenido energético de los plásticos. (ZURQUI, PLASTICO, 1999)

Vidrio:

El vidrio se puede reciclar cuantas veces se desee. Este material, cuyo tiempo de descomposición se desconoce, lo único que necesita para adquirir nuevas formas es un horno a altas temperaturas. Antes del horno, se debe clasificar y limpiar.

1. El vidrio se separa previamente en dos grupos: comercial (envases de licores, refrescos, conservas y perfumes, entre otros) y plano (vidrios de puertas y ventanas)
2. Se almacena por zonas de acuerdo a su color (cristalino o transparente, ámbar o café, verde esmeralda y verde giorgia)
3. Se analizan muestras del vidrio recuperado para conocer su composición química.
4. Después de conocerse su composición química, se sabe cuánta cantidad de materia virgen se le debe agregar.
5. Se mezclan las materias primas vírgenes con el vidrio y se funden a, más o menos 1550 °C durante 10 a 12 horas.
6. Se acondicionan térmicamente (enfriamiento) y a partir de ese momento puede adquirir nuevas formas, como lo haría el vidrio producido a partir de sólo materias vírgenes. (ZURQUI, VIDRIO, 1999)

Aluminio:

Aunque en El Salvador solo se desarrolla la recuperación de latas, el reciclaje de aluminio se extiende más allá de estos procesos. Este es el recorrido:

1. Las latas de recolectan.
2. Se comprimen en pacas que posteriormente se transportan a las plantas de tratamiento.
3. Allí se lavan para eliminar residuos de pintura o etiquetas para evitar la fermentación de residuos líquidos.
4. Se muelen en hojuelas.
5. El aluminio se funde y se forma en lingotes.

Los lingotes se utilizan para la producción de láminas u otros productos. (ZURQUI, ALUMINIO, 1999)

G.3 Desechos Hospitalarios.

Se consideran desechos peligrosos los que de una u otra forma pueden afectar la salud humana y el medio ambiente.

Al mezclarse o manejarse con los desechos comunes, estos se contaminan: aumenta así la cantidad de materia peligrosa y las posibilidades de que ocurran accidentes y/o infecciones.

Como se mencionó anteriormente los Desechos Hospitalarios Peligrosos (DHS/P) son todos los residuos producidos en las Instalaciones de salud que pueden de una forma u otra afectar la salud humana, animal o el medio ambiente.

Los desechos peligrosos se dividen en desechos bioinfecciosos, químicos y radiactivos.

Desechos Bioinfecciosos.

Los desechos bioinfecciosos son todos aquellos que pueden contener agentes infecciosos. Pueden ser:

a) Infecciosos:

Son generados durante etapas de la atención de salud y representan diversos niveles de peligro potencial, de acuerdo con su grado de exposición ante agentes infecciosos.

Se dividen en:

Materiales provenientes de salas de aislamiento.

- Residuos biológicos, excreciones, exudados o materiales de desecho provenientes de salas de aislamiento de pacientes con enfermedades altamente transmisibles. Se incluye a los animales aislados y cualquier tipo de material que haya estado en contacto con éstos.

Materiales biológicos.

- Cultivos, muestras almacenadas de agentes infecciosos, medios de cultivo, placas de Petri, instrumentos usados para manipular, mezclar o inocular microorganismos, vacunas vencidas o inutilizadas, filtros de áreas altamente contaminadas, etc.
- Sangre humana y productos derivados: sangre de pacientes, bolsas de sangre inutilizadas, con plazo de utilización vencida o serología positiva, muestras de sangre para análisis, suero, plasma y otros subproductos. También se incluyen los materiales empapados o saturados con sangre, materiales como los anteriores aunque se hayan secado, incluyendo el plasma, el suero y otros, así como los recipientes que los contiene o que se contaminaron, como bolsas plásticas, tubos de venoclisis, etc.

b) Patológicos:

Residuos anatómicos patológicos y quirúrgicos.

- Desechos patológicos humanos, incluyendo tejidos, órganos, partes y fluidos corporales, que se remueven durante la autopsias, la cirugía u otros, incluyendo las muestras para análisis.
- Residuos de animales, ya sean cadáveres o partes de animales infectados, provenientes de los laboratorios de investigación médica o veterinaria, así como sus camas de paja u otro material.

c) Punzocortantes:

Elementos punzocortantes que estuvieron en contacto con fluidos corporales o agentes infecciosos, incluyendo agujas hipodérmicas, jeringas, pipetas de Pasteur, agujas, bisturios, tubos, placas de cultivos, cristalería entera o rota, etc. Se considera también cualquier objeto punzocortantes desechado, aun cuando no haya sido utilizado.

Desechos Químicos.

Son desechos generados durante las actividades auxiliares que las Instalaciones de Salud y que no han estado en contacto con fluidos corporales ni con los agentes infecciosos. Constituyen un peligro para la salud por sus características propias, tales como corrosividad, reactividad, inflamabilidad, toxicidad, explosividad. También se incluyen en esta categoría los fármacos vencidos que presentan características similares de peligrosidad.

Los desechos químicos pueden subdividirse en varias categorías:

a) Inflamables

Un líquido con punto de ignición menor de 60° C es un desecho inflamable. Un sólido es un desecho inflamable si es capaz de ocasionar un incendio por fricción o por absorción de humedad, o producir un cambio químico espontáneo que puede generar un incendio energético y persistente. Un oxidante es un desecho inflamable. También se incluye en esta categoría a todo gas comprimido inflamable.

b) Corrosivos

Es un desecho que produce una erosión debida a los agentes químicos presentes. Las soluciones acuosas que tienen pH menor o igual a 2, o mayor o igual a 12.5, son consideradas desechos corrosivos.

c) Reactivos

El término reactivo define la capacidad de producir una reacción química. Sin embargo, por desecho reactivo se entiende comúnmente un material normalmente inestable, que presenta un cambio químico violento sin detonar, susceptible de reaccionar violentamente con el agua para formar mezclas potencialmente explosivas, o capaz de generar gases peligrosos o potencialmente mortales.

d) Tóxicos

Un desecho que puede causar daños de variada intensidad a la salud humana, si se ingiere, inhala o entra en contacto con la piel.

e) Citotóxicos

Un desecho tóxico para las células, con características cancerígenas, mutagénicas o capaz de alterar material genético.

f) Explosivos

Son los que pueden ocasionar una reacción química violenta, que se desarrolla en un brevísimo lapso de tiempo y produce un estallido.

Desechos Especiales

Los desechos especiales son los que no están incluidos en las categorías anteriores y por alguna característica particular necesitan un manejo diferente, que se debe definir para cada caso.

Se consideran desechos especiales, entre otros:

- Desechos de gran tamaño y/o de difícil manejo
- Contenedores presurizados
- Desechos provenientes de la construcción de obras civiles
- Fármacos vencidos que no clasifican como peligrosos
- Maquinaria obsoleta

Recipientes recomendados para la segregación o disposición de los residuos sólidos hospitalarios.

Envases rígidos.

Deben utilizarse tres tipos de envases rígidos: para punzocortantes, para sólidos que puedan drenar líquidos abundantes y para vidrio.

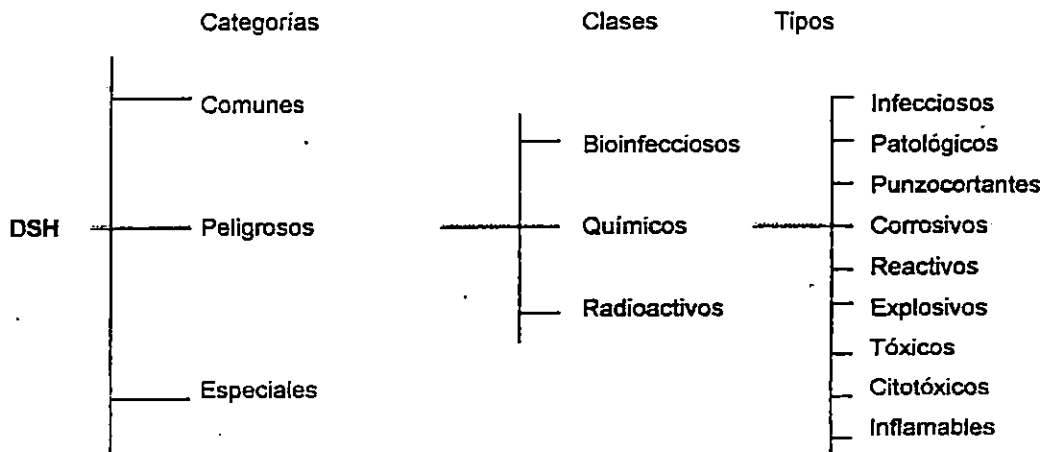
Punzocortantes: las agujas y demás materiales punzocortantes requieren contenedores con las siguientes características:

- De material plástico rígido y resistente a la perforación, golpes o caídas (polietileno o polipropileno)
- Impermeables, para evitar fugas de líquidos.
- Provistos de un sistema que impida extraer líquidos.
- Preferiblemente de color rojo, o bien identificados con una etiqueta muy visible con la palabra "Punzocortantes" acompañada del símbolo de biopeligrosidad.

Para sólidos que puedan drenar líquidos abundantes: deben ser recipientes impermeables con cierres seguros y herméticos, para evitar derrames de líquidos de drenaje.

Para vidrio: se requieren recipientes plásticos o de metal, de forma cilíndrica o cúbica, de buen tamaño, volumen mínimo de cinco galones. Deben marcarse con la inscripción "Solamente para desechos de vidrio". (Capelli, 1997).

Esquema de la clasificación de los Desechos sólidos Hospitalarios



Segregación de los Desechos Hospitalarios.

DESECHOS	ESTADO FISICO	ENVASE	COLOR Y SIMBOLO
COMUNES	Sólidos	Bolsas de plástico	NEGRO
INFECCIOSOS (La sangre y cualquier desecho impregnado con sangre y secreciones, incluyendo los restos de comida provenientes de salas de aislamiento)	Sólidos Líquidos y sólidos que pueden drenar abundantes líquidos	Bolsas de plástico Recipientes herméticos colocados en bolsas plásticas	ROJO --- ---
PATOLOGICOS (Partes de cuerpos humanos, animales y fluidos)	Sólidos Líquidos y sólidos que pueden drenar abundantes líquidos	Bolsas de plástico Recipientes herméticos colocados en bolsas plásticas	ROJO ---
PUNZOCORTANTES (Cualquier objeto punzocortante desechado)	Sólidos	Recipientes rígidos para punzocortantes colocados en bolsas plásticas	ROJO ---
QUIMICOS (Incluye los fármacos vencidos, cuando tengan características de peligrosidad, y la vestimenta contaminada con químicos)	Sólidos Líquidos	Doble bolsa de plástico cuando sus características lo permitan Envases originales	ROJO Símbolo correspondiente al tipo químico
ADIACTIVOS (Incluye cualquier desecho contaminado con radionucleidos)	Sólidos Líquidos	Contenedores originales o envases que garanticen adecuada protección. Contenedores que garanticen adecuada protección o dilución al desagüe	ROJO AMARILLO ----
ESPECIALES	Sólidos	Bolsas de plástico	NEGRO

Fuente: Manual Para Técnicos e Inspectores de Saneamiento. Luciano Capelli. 1997.

