

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA
RECINTO UNIVERSITARIO “RUBEN DARIO”
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA**

INFORME FINAL PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMA



**“PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA EMPRESA
NIEN HSING GARMENT (MANAGUA), S.A.”**

AUTORES:

Br. Lilliam Flores Martínez.
Br. Kenley Antonio Olivas Rueda.
Br. Eliett Auxiliadora Dávila Cruz.

TUTORA:

Ing. Elvira Siles Blanco.

ASESORES:

MSc. Pilar Marín Ruiz.
MSc. Mauricio Lacayo Escobar.

Managua, Abril 2007.

ÍNDICE

	Páginas
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	2
3. OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
4. MARCO TEÓRICO	4
4.1 Definición de residuos sólidos	4
4.2 Clasificación, características y tipos de residuos sólidos	5
4.3 Composición y densidad de los residuos sólidos	6
4.3.1 Componentes individuales	7
4.3.2 Masa	7
4.3.3 Volumen	7
4.3.4 Densidad	8
4.4 Propiedades y clasificación de lodos	8
4.4.1 Lodo industrial	8
4.4.2 Regulaciones acerca del manejo de lodos	9
4.4.3 Caracterización de lodos	10
4.4.4 Tratamiento de lodos	10
4.4.5 Disposición final	10
4.4.6 Capacitación y entrenamiento	11
4.5 Definición de gestión ambiental	12
4.6 Definición y jerarquía de Gestión Integral de Residuos Sólidos	13
4.6.1 Gestión Integral de Residuos	13
4.6.2 Jerarquía de Gestión Integral de Residuos Sólidos	13
4.7 El ciclo de los residuos	15
4.8 Implicaciones del manejo inadecuado de los residuos	16

4.9 Manejo Integral de los Residuos	17
4.9.1 Generación	18
4.9.2 Separación	18
4.9.3 Almacenamiento temporal	20
4.9.4 Recolección y Transporte	20
4.9.5 Estación de Transferencia	21
4.9.6 Tratamiento	22
4.9.7 Disposición Final	23
4.10 Definición de Plan de Manejo	24
4.11 Planes Integrales del Manejo de Residuos Sólidos	24
4.12 Etapas del Manejo Integral de Residuos Sólidos	25
4.13 Terminología utilizada	27
4.14 Aspectos legales del Manejo de Residuos Sólidos	31
4.14.1 Constitución Política (Ley 130, Reforma constitucional, 200)	31
4.14.2 NTON 05 014-01 Norma Técnica Ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos	31
4.14.3 NTON 05 015-01 Norma Técnica Obligatoria para el manejo y eliminación de residuos sólidos no peligrosos	31
4.14.4 Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales	32
4.14.5 NTON 05 015-01 Técnica para el control Ambiental de los Rellenos Sanitarios para los Desechos Sólidos no peligrosos	32
4.14.6 Código Laboral de Nicaragua (Ley 185, 1996)	33
4.14.7 Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos	33
5. DISEÑO METODOLÓGICO	34
5.1 Tipo de estudio	34
5.2 Universo	34
5.3 Muestra	34

5.4	Variables e Indicadores de estudio	35
5.6	Instrumentos de recolecta de datos	35
5.7	Procedimientos para la obtención de datos	36
5.7.1	Determinación de composición y densidad de residuos	36
5.7.2	Evaluación del manejo actual de los residuos Sólidos	40
5.7.3	Elaboración del Plan de Manejo de Residuos	41
5.8	Técnicas de Análisis	42
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
6.1	Datos Generales de la empresa	43
6.1.1	Descripción de las Instalaciones	43
6.1.2	Organización de Nien Hsing Garment, S. A.	43
6.1.3	Descripción del Proceso de Producción	44
6.1.3.1	Proceso en el área de producción de corte	44
6.1.3.2	Proceso en el área de producción lineal	47
6.1.3.3	Proceso en el área de producción de lavandería	49
6.1.3.4	Proceso en el área de producción de Empaque	51
6.2	Composición y densidad de los residuos	53
6.2.1	Componentes Individuales	54
6.2.2	Masa	54
6.2.3	Volumen	58
6.2.4	Densidad	61
6.3	Caracterización de lodos	63
6.4	Valoración de los Residuos (Materiales Reciclables)	67
6.4.1	Papel y Cartón	67
6.4.2	Aluminio	67
6.4.3	Plástico	68
6.4.4	Textil	68
6.5	Manejo de los Residuos Sólidos	68
6.5.1	Aspectos Operativos	68
6.5.1.1	Generación	68
6.5.1.2	Almacenamiento Temporal	70

6.5.1.3 Separación	71
6.5.1.4 Recolección y Transporte	71
6.5.1.5 Estación de Transferencia	72
6.5.1.6 Tratamiento	73
6.5.1.7 Disposición Final	74
7. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	75
7.1 Presentación	76
7.2 Debilidades del manejo actual y oportunidades del PIMARS	78
7.2.1 Debilidades	78
7.2.2 Oportunidades	81
7.3 Alcances del PIMARS	81
7.3.1 Área geográfica	81
7.3.2 Período de planificación	81
7.3.3 Tipos de residuos sólidos a considerar	82
7.3.4 Población meta	82
7.4 Objetivos del PIMARS	82
7.5 Alternativas del Manejo Integral de los Residuos Sólidos	83
- Programa de Salud e Higiene Laboral	84
- Programa de Mejoramiento de Estación de Transferencia	85
- Programa de Separación de Residuos Sólidos no peligrosos	86
- Programa de Aprovechamiento de los Residuos Sólidos orgánicos e inorgánicos	87
- Programa de Mejoramiento del proceso de secado de lodos	88
7.6 Estrategia de Implementación	89
7.7 Evaluación y Seguimiento	89
7.8 Actualización Periódica del Plan de Manejo	90
8. CONCLUSIONES	91
9. RECOMENDACIONES	93
10. BIBLIOGRAFÍA	94
11. ANEXOS	96

DEDICATORIA

“Los sueños de todos hombres se hacen realidad siempre, el que los logra es aquel que se esfuerza y espera la dicha con paciencia y el que no es porque se cansó y se detuvo, se desesperó y decidió dejarlo todo”.

Dedico esta ardua labor a **Dios** omnipotente por haber coordinado bien el proyecto de mi carrera, guiándome con su luz y amor.

A mis padres **Alberto Antonio Flores** y **Elizabeth Martínez Carrillo** que unidos en solo esfuerzo me apoyaron responsablemente con la esperanza de entregarme como herencia mi preparación profesional. A mis hermanas Rosangela y Elisa por regalarme su amor y alegría.

A los docentes **Ing. Elvira Siles Blanco, MSc. Mauricio Lacayo Escobar** y **MSc. Pilar Marín Ruiz** por su apoyo en nuestra preparación profesional.

A mis amigos **Eliett Dávila** y **Kenley Olivas** por su lealtad y comprensión en el transcurso de nuestra carrera.

Con amor,

Lilliam Flores Martínez

DEDICATORIA

“Todo Hombre para lograr las grandes metas que se traza en su vida, debe de realizar también grandes sacrificios para poder alcanzarlas con éxito”.

Dedico este proyecto a aquel que me creo y me da la vida cada mañana que despierto, **Dios todopoderoso**, que nos ilumina, guía y da sabiduría a través del tiempo que transcurre ante nuestros ojos.

Con mucho amor la dedico a mis padres **Silvio Olivas García** y **Auxiliadora Rueda Palacios** que han actuado responsablemente en mi preparación educativa ya que es la mejor herencia que pueda recibir de ellos. Igualmente junto a mi hermana **Dayana** y hermanito **Benjamín** que recientemente nació.

A mis Compañeras **Lilliam Flores** y **Eliett Dávila** de igual manera la dedico con aprecio a nuestra tutora **Ing. Elvira Siles** y asesores **MSc. Pilar Marín** y **MSc. Mauricio Lacayo**.

Kenley Antonio Olivas Rueda

DEDICATORIA

La elaboración de esta tesis la dedico a **DIOS** sobre todas las cosas, porque me dio la fortaleza, entendimiento y dedicación para seguir adelante.

A mis padres **Gustavo Adolfo Dávila Cruz** y **Amparo de los Ángeles Cruz Vanega** por el apoyo que me brindaron y la paciencia que tuvieron para que alcanzara una de mis metas principales.

A los docentes **Ing. Elvira Siles, MSc. Pilar Marín** y **MSc. Mauricio Lacayo** por sus actitudes impulsadoras y cordial apoyo brindado.

A mis hermanos **Reyna, Gustavo** y **Lissett** por su optimismo, consejos y apoyo incondicional.

A mis amigos **Lilliam Flores** y **Kenley Olivas** por que la realización de esta tesis fue posible gracias a la constancia del trabajo en equipo.

Eliett Auxiliadora Dávila Cruz

AGRADECIMIENTO

Se están cumpliendo nuestras metas, nos hemos esforzado para lograrlas. Más al final reconozco y agradezco a todos los que de alguna forma se involucraron en el desarrollo de mis objetivos.

A **Dios todopoderoso** que ha llenado mi vida de bendiciones, caminando siempre de mi mano, guiándome y levantándome en los momentos más difíciles.

A mis padres **Alberto Antonio Flores** y **Elizabeth Martínez Carrillo** que con su amor, comprensión y sacrificio lograron formar la persona que hoy soy, sin su apoyo estoy segura que jamás hubiese conquistado el éxito profesional. A mis hermanas Elisa y Rosangela por darme su cariño incondicional y el ánimo para seguir adelante.

Al gremio de docentes de esta facultad, con mención especial a la **Ing. Elvira Siles Blanco** nuestra tutora por su apoyo ilimitado, su comprensión, cariño y paciencia; y a nuestros asesores **MSc. Mauricio Lacayo Escobar** y **MSc. Pilar Marín Ruiz** por guiarnos y motivarnos a ser cada día mejores.

A mis colegas **Eliett Dávila** y **Kenley Olivas** por su cariño, cooperación y tolerancia.

Al **Ing. Ernesto Pichardo** y a la **Arq. Elba Roa** del Departamento de Seguimiento Ambiental de la Alcaldía de Managua por su colaboración en el transcurso de nuestro trabajo y al personal de la empresa Nien Hsing que nos apoyaron.

Gracias,

Lilliam Flores Martínez

AGRADECIMIENTO

Sobre todas las cosas doy infinitas gracias a **Dios** por darme la sabiduría y la inteligencia suficiente para coronar mi carrera con éxito y auxiliarme en los momentos difíciles que se presentaron en este tiempo.

A mis padres **Silvio Antonio Olivas García** y **María Auxiliadora Rueda Palacios**, por el apoyo incondicional que me brindaron en todo momento y por sus sacrificios realizados con amor por mis necesidades y dificultades. También a mis abuelos que me dieron una mano amiga a lo largo de mis estudios.

A mis compañeros de clase que siempre trabajaron en conjunto y armonía conmigo, a mis amigas y colegas **Lilliam Flores** y **Eliett Dávila** por su comprensión y desempeño en cada uno de los proyectos que realizamos juntos.

Al gremio de docentes de la Facultad de Ciencias, con mención a la **Ing. Elvira Siles** nuestra tutora por su incondicional apoyo. A si mismo a **MSc. Mauricio Lacayo** y **MSc. Pilar Marín** por aceptar ser nuestros asesores en la realización de esta tesis.

Al personal del departamento de Medio Ambiente de la Alcaldía de Managua que nos abrieron las puertas para el desarrollo de la tesis con mención al **Ing. Ernesto Pichardo** y **Arq. Elba Roa**.

Kenley Antonio Olivas Rueda.

AGRADECIMIENTO

Señor, muchas son las maravillas que tu has hecho y las consideraciones que has tenido con nosotros. Te doy gracias por iluminar mis senderos y ayudarme a finalizar el trabajo.

A mis padres **Gustavo Adolfo Dávila Álvarez** y **Amparo de los Ángeles Cruz Vanega** por su dedicación y consejos los cuales me han ayudado a subir cada uno de mis peldaños y que me permitirán alcanzar las metas que me he trazado para un futuro próximo.

A los docentes **Ing. Elvira Siles, MSc. Pilar Marín** y **MSc. Mauricio Lacayo** por ayudarnos a ser mejores profesionales.

A la **Arq. Elba Roa** y al **Ing. Ernesto Pichardo** del Departamento de Seguimiento Ambiental de la Alcaldía de Managua por el apoyo que nos manifestaron para la elaboración de la tesis.

A todas las personas que directa e indirectamente aportaron un granito de arena para lograr concretar nuestra tesis.

Eliett Auxiliadora Dávila Cruz

RESUMEN

El presente trabajo “Plan integral de Manejo de Residuos Sólidos (PIMARS) en la empresa Nien Hsing Garment (Managua), S.A.”, fue realizado en el período comprendido entre el mes de enero a marzo del 2007. El período de muestreo básico fue del 13 al 15 de febrero, en el cual se cuantificó la masa, el volumen y la densidad de los tipos de residuos sólidos generados, siendo el lodo procedente de la planta de tratamiento de aguas residuales el que se genera en mayor cantidad con un 81.8 %. Por medio de los instrumentos de recolección de la información como son la entrevista y la observación directa se analizó el manejo de los residuos sólidos en cuanto a su generación, almacenamiento, separación, recolección y transporte, estación de transferencia, tratamiento y disposición final.

Se determinó que en la empresa incineran los retazos de tela (algodón) 5.24 %, el papel (0.47%) y madera (0.25 %) con el objetivo de generar vapor y calor para abastecer el área de lavandería y plancha. Sin embargo detectamos que los residuos que pueden ser reciclados representan un 2.24% en masa y un 12.71 % en volumen, lo que generaría no solo beneficios económicos para la empresa si no también reduciría la cantidad de residuos depositados en el botadero municipal La Chureca.

También se encontró que el sistema recolección y la estación de transferencia necesitan mejoras, y los trabajadores que manipulan residuos sólidos no cuentan con las condiciones laborales necesarias y que el proceso de secado de lodos procedente de la planta de tratamiento de agua residual no es el adecuado.

El Plan propuesto pretende mejorar las deficiencias encontradas a través del manejo integral de los residuos sólidos, reuniendo las características de ser ambientalmente efectivo, económicamente viable, tecnológicamente efectivo y socialmente aceptable.

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los más persistentes problemas ambientales del país es relativo a la gestión de residuos sólidos, dentro de los cuales sobresalen los derivados de actividades industriales debido a sus grandes volúmenes y características especiales, además de que existe la tendencia a desecharlos como materiales sin ningún valor aprovechable, y en la mayoría de los casos el tratamiento y la disposición final adecuada de los mismos es visto como un gasto innecesario.

En este sentido, la necesidad de que las empresas adopten una visión integral del manejo de residuos sólidos y que se hagan cargo responsablemente de los mismos se hace cada vez más imperiosa, por lo cual la política de residuos sólidos de Nicaragua de reciente aprobación, ordena la creación de Planes Sectoriales de Manejo con el fin de integrar el concepto de “Manejo Integral” en los distintos sectores de la economía.

El objetivo de este estudio consiste en la creación de un Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos (PIMARS) para la empresa Nien Hsing Garment (Managua), S.A. ubicada en el Parque Industrial Las Mercedes, km. 12 ½ carretera norte, de manera que cumpla la legislación vigente y que posea las características de ser ambientalmente efectivo, económicamente viable, tecnológicamente factible y socialmente aceptable.

El estudio abarca una descripción del manejo actual de los residuos sólidos, las oportunidades para la implementación del PIMARS, la caracterización física de los residuos sólidos, los lineamientos estratégicos del plan, las alternativas de manejo y control de los residuos, así mismo la formulación del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos. Cabe recalcar que este plan una vez implementado, existe la posibilidad de ser utilizado como un modelo reproducible en otras empresas similares.

2. JUSTIFICACIÓN

El problema de los residuos sólidos, en la gran mayoría de los países, se viene agravando como consecuencia del acelerado crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, del desarrollo industrial, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida, así como también debido a otra serie de factores que conllevan a la contaminación del medio ambiente y al deterioro de los recursos naturales. Desafortunadamente, por lo general el desarrollo tecnológico viene acompañado de una mayor producción de residuos sólidos y, sin duda, ocupa un papel importante entre los distintos factores que afectan la salud de la comunidad. Por lo tanto, constituye de por sí un motivo para que se implanten las soluciones adecuadas para resolver los problemas de su manejo y disposición final.

Por lo que la realización de este estudio surge con el objetivo de propiciar el desarrollo sustentable a través de la estructuración de un plan de manejo integral de residuos sólidos para la empresa Nien Hsing, normativas establecidas por la “Política Nacional de Gestión de Residuos Sólidos”, con el fin de prevenir, minimizar, valorar y controlar los grandes impactos ambientales negativos que de sus actividades puedan generar sobre la salud pública y los recursos naturales, como el suelo, el agua y la atmósfera.

Otro de los motivos para la elaboración de esta tesis es la necesidad de obtener conocimientos acerca de un tema de gran importancia para todos como es la Calidad ambiental, ya que en el pénsum de la carrera de Ingeniería Industrial no incluye asignaturas relacionados con esta área.

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un plan integral de manejo de los residuos sólidos en la empresa Nien Hsing Garment (Managua), S. A., para un horizonte meta de dos años (Junio 2007 – Junio 2009).

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ❖ Describir el manejo actual de los residuos sólidos en Nien Hsing Garment (Managua), S. A.
- ❖ Determinar la composición física y densidad de los residuos sólidos generados en la empresa.
- ❖ Formular un Plan de Manejo que incluya el establecimiento de metas, asignación de responsabilidades, cronograma de actividades, recursos y actividades de seguimiento necesarias para la ejecución del mismo.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. DEFINICIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (1997), Residuo Sólido es cualquier producto, materia o sustancia, resultante de la actividad humana o de la naturaleza, que ya no tiene más función para la actividad que lo generó.

Otra definición considera los Residuos Sólidos como una heterogénea gama de objetos que se generan como resultado de las múltiples actividades humanas. En este concepto también se incluye todo aquello que generan los animales domésticos (Flores, 2003).

Un concepto más simplista nos señala que Residuo Sólido es todo material descartado por la actividad humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable (Brown, 2003).

Los residuos sólidos son un conjunto de materiales sólidos de origen orgánico e inorgánico que no tienen utilidad práctica o valor comercial para la persona o actividad que los produce (OMS/OPS/CEPIS, 1997).

Los residuos institucionales son los generados en establecimientos educativos, gubernamentales, militares, carcelarios, religiosos, terminales aéreas, terrestres, fluviales o marítimas y en edificaciones destinadas a oficinas, entre otros (NTON05-014-02). Según Tchobanoglous (1997), los residuos institucionales comprenden papel, cartón, plásticos, poliestireno expandido o poroplast, madera, vidrio, residuos de jardín, polvo y tierra provenientes del barrido, desperdicios de comida, metales, residuos peligrosos y residuos especiales.

4.2. CLASIFICACIÓN, CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

Los Residuos Sólidos pueden clasificarse de acuerdo a los siguientes criterios (BID, 1997):

❖ **Origen:** Domiciliar, industrial, comercial, institucional, público.

❖ **Composición:** Orgánicos e inorgánicos.

Orgánicos: Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, goma, cuero, residuos de jardín, madera y orgánicos misceláneos.

Inorgánicos: Vidrio, latas de hojalata, aluminio, otros metales, suciedad, cenizas, etc. (Tchobanoglous 1998).

❖ **Peligrosidad:** Tóxicos, reactivos, corrosivos, radioactivos, inflamables, infecciosos, inerte (Cortinas, 2001).

El tipo de residuo, junto con sus características físicas, químicas y biológicas de los residuos sólidos condiciona su almacenamiento, recolección, transporte y disposición final (BID, 1997).

Características físicas: Composición gravimétrica (porcentaje de cada componente presente en una muestra), peso específico (peso de una muestra en función al volumen que ella ocupa expresado en ton/m o kg/cm), humedad (proporción de agua de la muestra en relación a su volumen seco, expresado en %), compresibilidad (grado de compactación, reducción de volumen que una masa puede sufrir cuando es sometida a una presión de 4 kg/cm), generación per cápita (cantidad de residuos generada por persona en una unidad de tiempo) y características visuales, relacionadas con la estética (BID, 1997).

Características químicas: Poder calorífico (capacidad potencial de cada material de desprender calor cuando se quema, Kcal/l), pH – potencial de hidrógeno, contenido de

ceniza, materia orgánica, carbono, nitrógeno, potasio, calcio, metales pesados, residuos minerales y las grasas solubles (BID, 1997).

Características biológicas: Agentes microbianos (virus, bacterias y protozoarios) presentes en la basura. Biodegradabilidad: capacidad de los residuos de ser convertidos biológicamente en gases y sólidos orgánicos relativamente inertes (Flores, 2003).

Los residuos sólidos pueden ser **Residuos Sólidos No Peligrosos y Residuos Sólidos Peligrosos.**

Residuos Sólidos no Peligrosos: Son los que por su naturaleza, composición, cantidad y volumen generados no representan un peligro potencial o inmediato para la salud humana o para los organismos vivos. Dentro de estos se engloban los residuos domiciliarios, comerciales, institucionales, de mercados, industrias y barrido de calles.

Residuos Sólidos Peligrosos: Son los que, en cualquier estado físico, contienen cantidades significativas de componentes que pueden presentar peligro para la vida o salud de los organismos vivos cuando se liberan al ambiente o si se manipulan incorrectamente debido a su magnitud o modalidad de sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicamente perniciosas, infecciosas, irritantes o de cualquier otra característica que representen un peligro para la salud humana, la calidad de la vida, los recursos ambientales o el equilibrio ecológico.

4.3. COMPOSICIÓN Y DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El término composición se utiliza para describir los componentes individuales que constituyen el flujo de residuos sólidos y su distribución relativa, expresada generalmente como porcentajes en masa o volumen. Las propiedades físicas de los residuos sólidos son características particulares como densidad, contenido de humedad, tamaño de la partícula y distribución del tamaño, capacidad de campo y porosidad de los residuos compactados. (Tchobanoglous, 1997).

A continuación se aborda los componentes individuales de los residuos sólidos, su distribución tanto en masa como en volumen y densidad.

4.3.1. Componentes Individuales

Los distintos tipos de residuos que conforman los residuos sólidos se conocen como componentes individuales. Éstos dependen de la fuente generadora y se pueden clasificar en las siguientes categorías (Tchobanoglous, 1998):

- | | |
|-----------------------------|------------------|
| a. papel y cartón | e. metales |
| b. madera y follaje | f. vidrios |
| c. restos de alimentos | g. suelo y otros |
| d. plástico, cuero y caucho | |

4.3.2. Masa

La masa es la cantidad de materia que presenta un cuerpo, generalmente expresada en kilogramos (Kg). Los datos de masa de residuos sólidos son importantes en la medida que indican la cantidad de residuos sin importar el grado de compactación. Esta información es indispensable para el aprovechamiento de los residuos, tanto a través de su venta para reciclaje como mediante su biodegradación o compostaje.

Con los datos de masa de residuos sólidos generados se puede calcular la producción per cápita (PPC), o la cantidad de residuos que produce una persona en un día, expresada como kilogramo por habitante y por día o kg/hab/día (NTON 05 014-02).

La importancia de la PPC radica en que permite realizar estimaciones sobre las variaciones en la generación de residuos sólidos por causa de los cambios en el tamaño de la población que los produce.

4.3.3. Volumen

El volumen de un cuerpo es la cantidad de espacio que éste ocupa. La capacidad de los recipientes de almacenamiento, los medios de recolección y la estación de transferencia están en función del volumen de residuos sólidos a manejar; por ello esta información es de suma importancia. Se debe tomar en cuenta que el volumen varía en función de varios factores, tales como el grado de compactación, la humedad y los componentes individuales, entre otros.

4.3.4. Densidad

La densidad o peso específico de un material es la relación que existe entre la masa de los residuos y el volumen que ocupan, se expresa en kg/m^3 (NTON 05-014-02). La densidad de los residuos sólidos varía significativamente con las condiciones climáticas, el tiempo de almacenamiento y, sobre todo, con los componentes individuales que se encuentran dentro de los residuos sólidos.

Tabla 4.1. Datos típicos sobre densidad para residuos industriales.

TIPOS DE RESIDUOS	PESO ESPECÍFICO, KG/M^3	
	RANGO	TÍPICO
Residuos de comida (mezclados)	131-481	291
Papel	42-131	89
Cartón	42-80	50
Plásticos	42-131	65
Residuos textiles	101-220	65
Madera	131-320	237
Aluminio	65-240	160
Basuras	89-181	131
Suciedad, cenizas, etc.	320-1,000	481
Fangos químicos (húmedos)	801-1,101	1,000

Fuente: Tchobanoglous 1998

4.4. PROPIEDADES Y CLASIFICACIÓN DE LODOS

4.4.1 Lodos industriales

La generación de lodos industriales en procesos de producción es común, sobre todo en los siguientes tipos de industrias: textil, química y farmacéutica, pulpa y producción del papel metalmeccánica y acabado de metal industria de electro-galvanizado electrónicas, procesamiento de alimentos curtido del cuero, etc.

Estos tipos de lodos pueden ser clasificados en función de la toxicidad y la prioridad de manejo, teniendo los siguientes tipos de lodos industriales:

- ◆ Lodos orgánicos con bajas concentraciones de contaminantes tóxicos, fácilmente biodegradable, prioridad I.
- ◆ Lodos orgánicos e inorgánicos con bajas concentraciones de contaminantes tóxicos, los orgánicos no fácilmente biodegradables, prioridad II.
- ◆ Lodos orgánicos e inorgánicos conteniendo contaminantes tóxicos, prioridad III.

Las opciones de manejo de acuerdo a los tipos de lodos se han establecido en función de su prioridad, así:

Prioridad I: Reuso como fertilizante dependiendo de la composición, prevención dependiendo del proceso de generación, relleno sanitario o incineración.

Prioridad II: Reuso y revalorización dependiendo de la composición, compostaje, incineración o relleno.

Prioridad III: Prevención dependiendo de los procesos de generación del lodo o disposición en monorellenos.

4.4.2. Regulaciones acerca del Manejo de Lodos

El sistema de manejo de este tipo de residuos debe ser organizado, documentado y controlado, para lo cual se debe implementar una serie de regulaciones que definan la clasificación del lodo, valores límite para contaminantes tóxicos y lixiviados, procedimientos para la caracterización de lodos, transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición final, etc., que permitan realizar un manejo ambientalmente adecuado y seguro, que no cause afectaciones a la salud de la población ni al medio ambiente.

La implementación de la reglamentación, permitirá regular y controlar todas las actividades del sistema de manejo de los lodos en todas y cada una de sus etapas (desde la generación hasta la disposición final) y, sancionar a quienes incumplan con lo establecido para el efecto.

4.4.3. Caracterización de lodos

Para la caracterización de lodos se pueden aplicar dos procedimientos:

- ◆ **Análisis de componentes:** Se puede realizar a través de un balance de masa del proceso generador del lodo utilizando la información de la calidad de materia prima utilizada.

- ◆ **Análisis de lixiviados (TCLP):** Consiste en someter a una muestra de residuo a un proceso acelerado de descomposición simulando la situación más crítica que sufrirá al ser depositado en un relleno; en el lixiviado resultante se analiza los parámetros requeridos para su caracterización.

- ◆ **Análisis de corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad y biológico infecciosos (CRETIB) del lodo:** Para determinar el tipo al que corresponde.

4.4.4. Tratamiento de lodos

Los tratamientos que se deben dar a los lodos, dependerán de las características requeridas para que cumplan totalmente con los requisitos necesarios, ya sea para su reuso, revalorización (tratando en lo posible de recuperar su valor material) y darle un uso benéfico, utilizando para esto procedimientos viables de acuerdo a las características de los lodos generados en las industrias y a la disponibilidad de tecnología, los mismos que deben ser efectivos, fáciles de aplicar y que en lo posible no impliquen elevados costos.

4.4.5. Disposición Final

En general, se debe considerar la disposición final como la última opción dentro de una estrategia general de manejo de lodos. La disposición dependerá del tipo de lodo. Los sitios de disposición deberán contar con sistemas técnicos de operación y diseño sencillos, con mínimos requerimientos de operación, control, supervisión y mantenimiento.

Como estrategia para conseguir estos propósitos, se deberá realizar lo siguiente:

- ◆ Aplicar un concepto de manejo basado principalmente en la separación de los diferentes tipos de lodos y control de las actividades de la disposición tales como: calidad de lodos aceptados que cumplan totalmente con los requisitos exigidos en el lugar de la disposición para evitar generar emisiones secundarias de subproductos (gases, agua), registro, monitoreo, análisis de lixiviados, etc.
- ◆ Disponer en forma separada los lodos incompatibles o de diferente calidad, para evitar la mezcla de los diferentes contaminantes.
- ◆ Tener un sistema especial en las áreas de disposición para lograr drenar, coleccionar y tratar los lixiviados generados.
- ◆ Los sitios para disposición final de lodos deben ser cuidadosamente seleccionados, diseñados técnicamente, tomando en cuenta criterios geológicos satisfactorios, hidrología, uso actual y futuro del agua subterránea, geotecnia, estabilidad de pendientes, protección de la erosión, provisión de servicios, factores socioeconómicos, etc.

4.4.6. Capacitación y entrenamiento

Se debe capacitar y entrenar a los responsables/autoridades interesadas, empleados, industrias, etc., para desarrollar, implantar y operar un programa de manejo ambientalmente adecuado de lodos de plantas de tratamiento, que permitan dar soluciones al problema de la generación de lodos y cumplir con la normativa correspondiente.

Cualquiera que sea el destino final de los lodos producidos, éstos deberán someterse a algunos procesos de acondicionamiento, que permitan reducir al mínimo los riesgos sanitarios. Estos dicen relación con la reducción del potencial de atracción de vectores y con requisitos de higienización que permitan reducir o eliminar el contenido de patógenos.

4.5. DEFINICIÓN DE GESTIÓN AMBIENTAL

Gestión ambiental: Es el conjunto de actividades humanas que tienen por objeto el ordenamiento del ambiente, comprende tanto las acciones directas implicadas en el manejo del ambiente como las que influyen en dicho manejo.

Para una gestión ambiental efectiva debemos tener presente los siguientes:

- Contar con información veraz del problema ambiental: Sus causas, quienes son los responsables, donde se desarrollan, cómo se están enfrentando o tratando de solucionarlos, los recursos materiales y humanos disponibles.
- La información debe ser conocida y analizada al menos por toda la comunidad involucrada e interesada.
- Aplicar los instrumentos para la gestión ambiental, por ejemplo: Políticas, leyes, normas.
- Dar seguimiento y evaluar el cumplimiento de los instrumentos para la gestión ambiental y dar a conocer los avances logrados para realizar los ajustes necesarios tomando en cuenta las recomendaciones de la población y las condiciones particulares de la comunidad.
- La participación ciudadana en las actividades de gestión ambiental es indispensable, porque se garantiza la apropiación del rol que debe jugar la población y cada uno de los sectores involucrados en el problema ambiental.
- La coordinación institucional, para optimizar los recursos humanos y materiales; promover el cumplimiento del marco legal y para dar continuidad a las acciones.

Es importante que todos nos preocupemos por conocer y analizar para poner en práctica lo que orientan las políticas públicas, las regulaciones de las leyes, normas y ordenanzas, para cumplir con nuestra responsabilidad individual e incidir positivamente en la responsabilidad colectiva.

4.6. DEFINICIÓN Y JERARQUÍA DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

4.6.1. Gestión integral de residuos: Conjunto articulado e interrelacionado de acciones normativas, operativas, financieras, de planeación, administrativas, sociales, educativas, de monitoreo, supervisión y evaluación, asociadas al control del manejo integral de los residuos sólidos (reducción en la fuente, reuso, reciclaje, barrido, almacenamiento, recolección, transferencia, tratamiento (considerando la incineración con recuperación de energía una de las formas de tratamiento) y disposición final de una forma que armonice con los principios de la salud pública, de la economía, de la ingeniería, de la conservación, de la estética y de otras consideraciones ambientales, que responden a las expectativas y política públicas.

La gestión integral de residuos sólidos (GIRS) puede ser definida como la aplicación de técnicas, tecnologías y programas de gestión idóneos para lograr metas y objetivos específicos de gestión de residuos. (Tchobonaglou 1998)

El objetivo de la Gestión Integral de Residuos Sólidos es fomentar la valorización y reducir la cantidad de residuos destinados a disposición final, a fin de prevenir y reducir sus riesgos para la salud y el ambiente, disminuir las presiones que se ejercen sobre los recursos naturales y elevar la competitividad de los sectores productivos, en un contexto de desarrollo sustentable y de responsabilidad compartida.

4.6.2. Jerarquía de la gestión integral de los Residuos Sólidos

Puede utilizarse una jerarquía (organización por orden de rango) en la gestión de residuos para clasificar las acciones de implementación de programas dentro de una organización. La jerarquía de GIRS adoptada por la agencia de protección ambiental en USA (EPA) está formada por los siguientes elementos: Reducción en origen, reciclaje, incineración de residuos y vertido. Sin embargo el término transformación de residuos sustituye al término de EPA (USA) incineración, que es demasiado limitado.

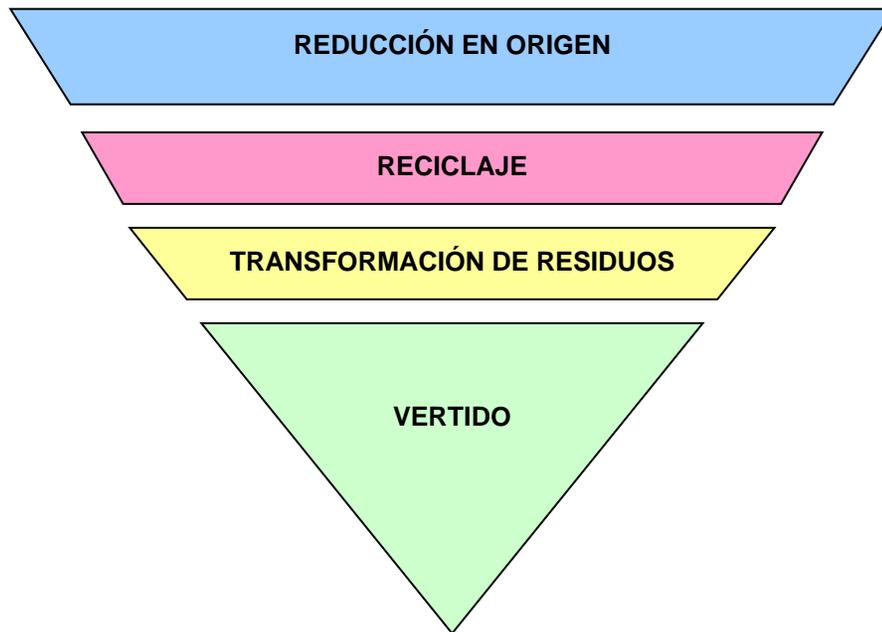
- ◆ **Reducción en origen:** El rango más alto de la jerarquía de GIRS, la reducción en origen implica reducir la cantidad y/o toxicidad de los residuos que son generados en la actualidad. La reducción en origen está en primer lugar en la jerarquía porque es la forma más eficaz de reducir la cantidad de residuo, el costo asociado a su manipulación y los impactos ambientales. La reducción de residuos puede realizarse a través del diseño, la fabricación y el envasado de los productos con un material tóxico mínimo, un volumen mínimo de material, o una vida útil más larga.

- ◆ **Reciclaje:** En segundo lugar en la jerarquía está el reciclaje que implica: 1) la separación y la recogida de materiales residuales; 2) la preparación de estos materiales para la reutilización, el reprocesamiento, y la transformación en nuevos productos, y 3) la reutilización, el reprocesamiento, y una nueva fabricación de productos. El reciclaje es un factor importante para ayudar a reducir la demanda de recursos y la cantidad de residuos que requieran la evacuación mediante vertido.

- ◆ **Transformación de residuos:** En tercer lugar en la jerarquía de GIRS, se encuentra la transformación de residuos, ésta implica la alteración de física, química o biológica de los residuos. Típicamente éstas alteraciones pueden ser utilizadas: 1) para mejorar la eficacia de las operaciones y sistemas de gestión de residuos, 2) para recuperar materiales reutilizables y reciclables, 3) para recuperar productos de conversión (por ejemplo, compost), y energía en forma de calor y biogás combustible.

- ◆ **Vertidos:** Por último, hay que hacer algo con 1) los residuos sólidos que no pueden ser reciclados y no tienen un uso adicional, 2) la materia residual que queda después de la separación de residuos sólidos en una instalación de recuperación de materiales, y 3) la materia residual restante después de la recuperación de productos de conversión o energía. El vertido, en la cuarta posición de la jerarquía del GIRS, implica la evacuación controlada de residuos encima o dentro del manto de la tierra, y es con mucha el método más común para la evacuación final de residuos. El vertido está en la posición más baja de la jerarquía de GIRS porque representa la forma menos deseada por la sociedad de tratar los residuos. (Tchobanoglous 1998).

Gráfico 4.1. Jerarquía de la gestión integral de Residuos Sólidos



4.7. EL CICLO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

El concepto de Ciclo de los Residuos Sólidos se encuentra inmerso dentro de otro más amplio conocido como el Ciclo de Vida de los productos, el cual es un método que examina todos los procesos desde la extracción de materia prima y manufactura hasta el uso y su disposición final (Torsten y Højlund, 2002).

El enfoque de Ciclo de Vida de los productos, conocido también como método “De la Cuna a la Tumba”, permite a las industrias responsabilizarse por sus desechos y emisiones, a la vez que se considera las posibilidades de ahorro de energía, y de explotación de materiales vírgenes, gracias a procesos de reuso o reciclaje, incorporados como parte de un manejo adecuado, conciente y responsable de los residuos sólidos.

El Ciclo de los Residuos Sólidos es un proceso que incluye la generación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final. El manejo incorrecto de cualquiera de estas etapas puede generar impactos negativos en el medio (BID, 1997).

4.8. IMPLICACIONES DEL MANEJO INADECUADO DE LOS RESIDUOS (IMPACTO).

Dado que el destino de la mayor parte de los residuos que se recolectan ha sido por lo general un botadero a cielo abierto, dichos botaderos se han constituido en sitios contaminados y en un riesgo para los cuerpos de agua superficiales y subterráneos; lo cual, aunado a la quema frecuente de basura, está teniendo implicaciones graves para la calidad de los suelos, el agua, el aire y las cadenas o redes alimentarias. La situación del ambiente en Nicaragua está teniendo implicaciones también sobre la salud de la población.

Actualmente la población está mostrando patologías que bien pudieran derivar del deterioro ambiental, así como del proceso de urbanización que genera marginalidad, depauperación y hacinamiento. Como resultado, se producen fenómenos agudos de contaminación biológica y por sustancias y residuos químicos potencialmente peligrosos para la salud (como por ejemplo, el mercurio, cloro, plomo, cianuro, plaguicidas y otros).

El deterioro de la situación del saneamiento básico, en particular; continúa ejerciendo presiones significativas sobre la salud de la población nicaragüense, en la que persisten altas tasas de mortalidad por enfermedades transmisibles ligadas al medio, propias de los países en vías de desarrollo (Enfermedades Diarreicas, Enfermedades Respiratorias Agudas, Malaria, Dengue, Hepatitis, Parasitosis Intestinales, etcétera) (Bases de la política nacional sobre gestión integral de los Residuos Sólidos (2004 - 2026)).

La recolección y disposición final adecuada de los desechos sólidos es uno de los aspectos fundamentales de la salud pública, que con el acelerado proceso de urbanización referido anteriormente cobra singular importancia. La basura facilita la proliferación de artrópodos y roedores que pueden ser vectores de enfermedades importantes, además de generar mal olor y afectar los valores escénicos. El manejo de los desechos sólidos peligrosos, especialmente los hospitalarios e industriales merecen consideración especial.

El mal manejo de los Residuos Sólidos tiene un impacto negativo en la salud de la población, especialmente cuando los desechos peligrosos no se separan en el punto de origen y se mezclan con los desechos municipales. Algunos impactos indirectos se deben a que los residuos en sí y los estancamientos que causan cuando se acumulan en zanjas y drenes, se transforman en reservorios de roedores e insectos. Además la quema de basura a cielo abierto, en el campo y en los botaderos aumenta el riesgo de contraer enfermedades respiratorias, incluso cáncer (Brown, 2003).

4.9. MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

Según el Banco Interamericano de Desarrollo (1997) el manejo adecuado de los residuos es el conjunto de operaciones que mejoran la efectividad financiera y la adecuación social y ambiental del almacenamiento, barrido y limpieza de áreas públicas, recolección, transferencia, transporte, tratamiento, disposición final y cualquier otra operación necesaria para lograr minimizar las cantidades de residuos generados a nivel domiciliario, agrícola, industrial y de las instituciones públicas.

Otra aproximación al mismo tema propone, la llamada Gestión Integrada de Residuos Sólidos, la cual involucra una gestión de los residuos desde su fase de generación hasta su disposición adecuada incorporando además estrategias de prevención de residuos y la recuperación de los recursos lo que a su vez puede lograrse mediante la implementación de programas de minimización en la fuente, reuso, reciclaje, incineración y biodigestión con recuperación de energía y compostaje involucrando a todos los actores que intervienen directa o indirectamente en el sistema (Flores, 2003).

En cualquier caso la Gestión Integrada de Residuos Sólidos implica en primer lugar definir una visión que considere los factores propios para cada situación, con el fin de asegurar su sostenibilidad y beneficios. Después se debe establecer e implementar un programa de manejo para lograr esta visión (Brown, 2003).

4.9.1. Generación

Es la medida de la cantidad de residuos sólidos producidos por cada fuente generadora en un tiempo determinado. Entre los factores que inciden sobre la cantidad de residuos sólidos generados se encuentran ubicación geográfica, época del año, frecuencia de recolección, hábitos de consumo de la población, nivel de ingreso, desarrollo tecnológico, legislación y estándares de calidad de vida de la población. (Milán, 2004 y Lacayo, 2003).

4.9.2. Separación

Es el proceso de agrupación de residuos sólidos no seleccionados a través de medios manuales y/o mecánicos para transformar residuos heterogéneos en diferentes grupos relativamente homogéneos. Este proceso depende del objetivo de la separación, el cual puede ser reciclaje, reutilización, aprovechamiento energético o tratamiento especial. Es recomendable realizar este proceso en la fuente de origen de los residuos y no en el vehículo de recolección o la estación de transferencia. En caso de que la separación se realice en el lugar de origen, ésta debe hacerse manualmente. (Tchobanoglous, 1997).

En dependencia de los fines, los residuos sólidos pueden separarse de diversas formas: orgánicos e inorgánicos, reciclables y no reciclables, combustibles y no combustibles, peligrosos y no peligrosos, entre otros. Para clasificar los residuos de un lugar es importante conocer las actividades que se realizan dentro del mismo; de esta forma se pueden identificar los tipos más comunes y los posibles usos o tratamientos que éstos pueden recibir para obtener beneficios tanto económicos como ambientales.

Los residuos peligrosos y especiales deben ser separados desde la fuente para asegurar un manejo especial con el fin de evitar cortaduras, infecciones y propagación de enfermedades.

En la tabla 4.2. se presentan los materiales que pueden recuperarse para su para reutilización y reciclaje:

Tabla 4.2. Residuos que pueden aprovecharse

RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE PUEDEN RECUPERAR PARA SU RECICLAJE	
MATERIAL RECICLABLE	TIPOS DE MATERIALES Y USOS
Aluminio	Latas de cervezas y refrescos
PAPEL	
Papel de periódico usado (PPU)	Periódicos de quiosco o entregados a casa
Cartón ondulado	Empaquetamiento en bruto; la mayor fuente de papel residual para el reciclaje
Papel de alta calidad	Papel de informática, hojas de cálculo blanco, recortes
Papel mezclado	Varias mezclas de papel limpio, incluyendo papel de periódicos, revistas y papel de fibras largas blanco o coloreado
PLÁSTICOS	
Polietileno tereftalato (PET/1)	Botellas de refrescos, Botellas de mayonesa y aceite vegetal; película fotográfica
Polietileno de alta densidad (PE-HD/2)	Bidones de leche, contenedores de agua, botellas de detergente y de aceite de cocinar
Polietileno de baja densidad (PE-BD/4)	Envases de película fina y rollos de película fina para envolturas; bolsas de limpiezas en seco y otros materiales de películas
Polipropileno (PP/5)	Cierres y etiquetas para botellas y contenedores, cajas de materias, envolturas para pan y queso, bolsas para cereales
Poliestirero (PS/6)	Envases para componentes electrónicos y eléctricos, cajas de espumas, envases para comida rápida, cubiertos, vajillas y platos para microondas
Plásticos mezclados	Diversas combinaciones de lo anteriormente mencionados
Madera	Materiales para empaquetamiento, palets, retos y maderas usadas de proyectos de construcción
Fracción orgánica de los RS	Utilizada para preparar compost para aplicaciones de suelo; compost utilizado como cobertura intermedia de vertederos; metano, etanol y otros compuestos orgánicos, combustible derivados de residuos (CDR)
Residuos de jardín recogidos separadamente	Utilizados para separar compost; combustible biomasa; cobertura intermedia de vertederos

Fuente: Tchobanoglous, 1998

4.9.3. Almacenamiento temporal

El almacenamiento temporal de los residuos sólidos es la forma en que éstos son acumulados durante un tiempo determinado antes de su recolección. Los recipientes utilizados para el almacenamiento temporal están en función del tipo de recolección a realizarse.

Según Henry et al. (1999), la permanencia de residuos orgánicos en recipientes destapados en lugares con climas cálidos, presenta condiciones favorables para la proliferación de moscas, mosquitos, cucarachas y roedores, conocidos como vectores de enfermedades. Algunas enfermedades asociadas a estos vectores son la disentería, diarrea, gastroenteritis, malaria, dengue y afecciones dérmicas (Jaramillo, 1997). Además, la acumulación de materia orgánica durante varios días ocasiona su descomposición, a la vez que genera la formación de compuestos con olores desagradables (Tchobanoglous, 1997).

Según López (1975), tanto los recipientes de almacenamiento primario como los vehículos de recolección y contenedores en la estación de transferencia deben cumplir con los siguientes estándares:

- ❖ Facilidad de movilización manual y mecánica.
- ❖ Disponibilidad de dispositivos para su cierre de forma que se mantengan las condiciones higiénicas.
- ❖ Interior liso, sin asperezas y sin ángulos vivos para facilitar el vaciado y la limpieza.
- ❖ Salida para líquidos en la parte inferior para que no se acumule el agua de los residuos y del lavado de los recipientes.

4.9.4. Recolección y Transporte

La recolección es la recogida de los residuos en los diferentes lugares de origen, su transporte y descarga en el centro de transferencia, estación de procesamiento o sitio de disposición final. El tipo de vehículo de recolección depende de la producción y composición de los residuos sólidos, el tamaño y la densidad de la población, la frecuencia de recolección y la distancia al sitio de descarga. (Lund, 1998; Lacayo, 2003).

Los principales factores que influyen en los sistemas de recolección son la producción y composición de los residuos sólidos, tamaño de la población, clima, frecuencia de recolección y distancia al sitio de disposición final. (Adaptado de Lacayo, 2003).

La recolección puede realizarse de manera mezclada o selectiva. La mezclada es la más común, y se realiza cuando los residuos sólidos no se separan desde la fuente y no existe un sistema de aprovechamiento establecido. En cambio, la selectiva se realiza cuando los residuos se clasifican desde la fuente. Esta modalidad reduce la mezcla, aumenta el valor de los residuos y facilita la recuperación de materiales. (Wehenpohl, 2002).

4.9.5. Estación de transferencia

Las estaciones de transferencia son centros utilizados para depositar los residuos en forma temporal a fin de transferirlos a un vehículo de mayor capacidad (Salazar, 2003). Generalmente en los centros de transferencia se acopian los residuos recolectados por vehículos de recolección pequeños – de tracción humana, animal o mecánica-. Posteriormente estos son transportados al sitio de disposición final por medio de vehículos más grandes, típicamente de tracción mecánica.

Según Tchobanoglous (1998) existen dos tipos de estaciones de transferencia: la de carga directa y la de almacenamiento y carga. A continuación se describen brevemente:

- ❖ Estación de transferencia de carga directa: Es donde se vacían los residuos procedentes de pequeños vehículos de recolección para ser trasladados al sitio de deposición final.
- ❖ Estación de transferencia de almacenamiento y carga: Los residuos recogidos pasan directamente a una fosa de almacenamiento para luego ser transferidos por vehículos de transporte mejor equipados. Esta estación tiene una capacidad de almacenamiento de 1 a 3 días.

4.9.6. Tratamiento

Antes de la disposición final, los residuos pueden ser sometidos a diferentes formas de procesamiento con la finalidad de obtener beneficios ambientales y económicos. A continuación se describen brevemente los principales procesamientos aplicables a los residuos sólidos.

◆ Tratamiento Mecánico

Trituración: Divide, mezcla y homogeniza la basura, beneficiando la descomposición bioquímica, la estabilidad mecánica de los rellenos y la uniformidad y control de la acción térmica. Este proceso puede ser auxiliar para compostaje, relleno sanitario, pirólisis o incineración (Haddad, 1981).

Compactación: Disminuye los espacios vacíos entre los residuos, aumentando su densidad y reduciendo el volumen que ocupan. Este procedimiento reduce notablemente los costos de recolección y los de rellenos sanitarios. (Haddad, 1981).

◆ Tratamiento térmico

Incineración: Según SEMARNAT (2001) es el procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química con exceso de oxígeno.

Pirólisis: Es el procesamiento térmico de residuos en ausencia de oxígeno, utilizando una fuente externa de combustible para conducir las reacciones endotérmicas. Ocurre a temperaturas inferiores que las de incineración, generando líquidos o gases de alto contenido energético y baja contaminación atmosférica. (SEMARNAT, 2001; Haddad, 1981).

Gasificación: Similar a la pirólisis, pero se adiciona oxígeno para producir combustibles gaseosos (Cortinas, 1999).

◆ **Tratamiento Biológico**

Compostaje: Es una técnica que permite la biodegradación controlada de la materia orgánica. Facilita el aumento de la temperatura (comúnmente entre 55 y 60° C) para destruir los patógenos. Se puede dar tanto en condiciones aerobias como anaerobias. (Sztern, 1999; SEMARNAT. 2001).

Lombricultura: Técnica de crianza controlada de lombrices con residuos sólidos orgánicos para producir humus, también conocido como vermicompostaje (SEMARNAT, 2001).

4.9.7. Disposición Final

Acción de depositar permanentemente los residuos en sitios y condiciones adecuadas para evitar daños al ambiente (NTON 05 015-02). Según Haddad (1981), es la última etapa operacional del servicio de limpieza; las principales formas de disposición final ambientalmente adecuadas son el relleno sanitario y el confinamiento.

◆ **Relleno Sanitario**

Según Acurio et al. (1998), el relleno sanitario es una técnica de ingeniería para el confinamiento adecuado de los residuos sólidos municipales; comprende el esparcimiento, acomodo y compactación de los residuos, su cobertura con tierra u otro material inerte por lo menos diariamente y el control de los gases, los lixiviados y la proliferación de vectores, con el fin de evitar la contaminación del ambiente y proteger la salud de la población.

◆ **Confinamiento Controlado**

Es una obra de ingeniería para la disposición final de los residuos peligrosos, de forma que garantice su aislamiento definitivo. (SEMARNAT, 1988).

4.10. DEFINICIÓN DE PLAN DE MANEJO

Plan de manejo: Es un instrumento cuyo objetivo es minimizar y maximizar la valorización de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial y residuos específicos, bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social, fundamento en el diagnóstico básico para la gestión integral de residuos diseñados bajo los principios de responsabilidad compartida y manejo integral, que considera el conjunto de acciones, procedimientos y medios viables e involucrando a productores, importadores, exportadores, distribuidores, comerciantes, consumidores, usuarios de subproductos y grandes generadores de residuos.

4.11. PLANES INTEGRALES DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

Un programa o Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos debe optimizar, en lo posible, los siguientes aspectos (Brown, 2003):

Aspectos Técnicos: La tecnología debe ser de fácil implementación, operación y mantenimiento; debe usar recursos humanos y materiales de la zona y comprender todas las fases, desde la producción hasta la disposición final.

Aspectos Sociales: Se debe fomentar hábitos positivos en la población y desalentar los negativos

Aspectos Económicos: El costo de implementación, operación y mantenimiento debe ser eficiente.

Aspectos Organizativos: La administración y gestión del sistema debe ser simple y dinámico.

Aspectos de Salud: El programa debe fomentar iniciativas de prevención de enfermedades infecto-contagiosas.

Aspectos Ambientales: El programa de evitar impactos ambientales negativos en el suelo, agua y aire.

Los objetivos de un Programa o Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos deben enfocarse en los siguientes criterios (Wehenpohl y Hernández, 2002):

- Evitar la generación de residuos.
- Reducir la generación de residuos.
- Aprovechar sus valores (reciclaje, tratamiento, incineración) cuando sea ecológica y técnicamente factible.
- Depositar los restos de una forma adecuada, con el menor impacto al medio ambiente.

Por otro lado, las técnicas utilizadas dentro de un Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos no deben convertirse en un esquema rígido, debiendo prevalecer la siguiente jerarquía (SERMANAT, 2001):

1. Reducción de origen (reducción en la fuente).
2. Reutilización (retornabilidad / rellenamiento).
3. Compostaje y biodegradación.
4. Reciclaje.
5. Incineración con recuperación de energía.
6. Relleno sanitario.

4.12. ETAPAS DEL MANEJO INTEGRAL DE RESIDUOS SÓLIDOS

Diagnóstico: En esta primera etapa se debe de realizar una evaluación del estado del sistema de gestión de los residuos sólidos, con el fin de establecer el punto de partida del plan. Para esto se debe tomar en consideración:

- Recopilación de información técnica: Número de miembros de la organización, tipo y distribución del personal de la organización.
- Inspección física de la inspección: Determinación de focos de generación, puntos de mayor generación.
- Revisión del grado de educación ambiental de las diferentes personas que conforman el grupo de interés.

Caracterización: Permite determinar el tipo y la cantidad de residuos que se producen en la institución y si existe un uso secundario para los residuos antes de enviarlos a su disposición final. La caracterización está compuesta por:

- Muestreo
- Análisis de Resultados

Implementación del programa: Esta etapa consta de una gran cantidad de actividades que incluyen:

- Establecimiento de los Objetivos y Alcances: Se deben precisar cuatro aspectos claves:
 - a) Identificación del área geográfica y el período de planeamiento.
 - b) La selección de los tipos de residuos que se consideran en el plan.
 - c) El establecimiento del nivel de servicio que se desea alcanzar.
 - d) La definición de los objetivos y metas del plan,
- Identificación y evaluación de las alternativas: Se debe identificar la forma de lograr los grandes objetivos en el paso anterior. Para ello se deben identificar y evaluar las alternativas de los aspectos administrativos y de los aspectos técnico-operativos.
- Preparación de la estrategia: Se deben integrar las alternativas identificadas con el fin de elegir y formular la estrategia mas apropiada del PIMARS. También se deben de identificar los aspectos críticos del sistema que deben ser mejorados, al igual que los grupos o actores que se encargaran de dicha tarea; con el fin de determinar el camino y los medios mas apropiados para alcanzar los objetivos planteados.
- Formulación del Plan de Acción: Deben de identificar las acciones prioritarias así como los responsables y los indicadores para cada actividad. Es necesario priorizar las actividades que se puedan implementar con poca inversión de capital; las acciones a corto plazo deben servir de base para desarrollar las de mediano plazo.

Seguimiento, mantenimiento y evaluaciones regulares: Es necesario verificar periódicamente el avance del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos. Lo cual comprende el establecimiento de indicadores que permitan evaluar la eficiencia del mismo.

Educación, Sensibilización y Motivación: Son actividades que se hacen transversales en el tiempo, es decir, desde el inicio del proyecto y se mantienen durante las otras etapas.

4.13. TERMINOLOGÍA UTILIZADA

Almacenamiento: Toda operación conducente al depósito transitorio de los desechos sólidos, en condiciones que aseguren la protección al medio ambiente y a la salud humana. Acumulación de los desechos sólidos en los lugares de generación de los mismos o en lugares aledaños a estos, donde se mantienen hasta su posterior recolección.

Aprovechamiento: Todo proceso industrial y/o manual, cuyo objeto sea la recuperación o transformación de los recursos contenidos en los desechos.

Botadero de Desechos: Es el sitio o vertedero, sin preparación previa, donde se depositan los desechos, en el que no existen técnicas de manejo adecuadas y en el que no se ejerce un control y representa riesgos para la salud humana y el medio ambiente.

Colector: El que tiene a su cargo la recolección de desechos sólidos.

Compostaje: Proceso de manejo de desechos sólidos, por medio del cual los desechos orgánicos son biológicamente descompuestos, bajo condiciones controladas, hasta el punto en que el producto final puede ser manejado, embodegado y aplicado al suelo, sin que afecte negativamente el medio ambiente.

Contaminación por desechos sólidos: La degradación de la calidad natural del medio ambiente, como resultado directo o indirecto de la presencia o la gestión y la disposición final inadecuadas de los desechos sólidos.

Contenedor: Recipiente en el que se depositan los desechos sólidos para su almacenamiento temporal o para su transporte.

Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO): Es una medida indirecta del contenido de materia orgánica (M.O.) biodegradable, expresada mediante la cantidad de oxígeno

necesaria para oxidar biológicamente la materia orgánica en una muestra de agua, a una temperatura estandarizada de 20°C. Si la medición se realiza al quinto día, el valor se conoce como DBO₅, mientras que si esta es tomada luego de que la muestra se ha estabilizado, el valor obtenido se conoce como DBO_u. Sus unidades son mg O₂/L.

Demanda Química de Oxígeno (DQO): Es una medida indirecta del contenido de materia orgánica e inorgánica oxidable, mediante el uso de un fuerte oxidante en una muestra de agua. Sus unidades son mg O₂/L. Su valor siempre será mayor o igual al obtenido en los ensayos de DBO.

Densidad de Desechos: Es la relación que existe entre peso de los desechos y el volumen que ocupan, se expresa en kg/m³.

Disposición final: Acción de ubicación final de los desechos sólidos. Proceso final de la manipulación y de la eliminación de los desechos sólidos.

Generador: Toda persona cuya actividad produzca desechos o, si esta persona es desconocida, la persona que esté en posesión de esos desechos y los controle.

Incinerador: Instalación o dispositivo destinado a reducir a cenizas los desechos sólidos y otros residuos, reduciendo el volumen original de la fracción combustible de los residuos sólidos del 85-95 %.

Lixiviado: Líquido que se ha filtrado o percolado, a través de los residuos sólidos u otros medios, y que ha extraído, disuelto o suspendido materiales a partir de ellos, pudiendo contener materiales potencialmente dañinos.

Lodo: Sólidos acumulados separados de las aguas residuales generados en los sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Lodo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales: Se entiende al residuo de la depuración de un agua residual para cumplir con la ordenanza respectiva o para efectuar un reciclaje interno, o bien, un reuso.

Manejo: Almacenamiento, recolección, transferencia, transporte, tratamiento o procesamiento, Reciclaje, reutilización y aprovechamiento, disposición final.

Manejo de desechos sólidos: Toda actividad técnica operativa de residuos sólidos que involucre manipuleo, acondicionamiento, transporte, transferencia, tratamiento, disposición final o cualquier otro procedimiento técnico operativo utilizado desde la generación hasta la disposición final.

Manejo integral de desechos sólidos: Es un conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento que se aplica a todas las etapas del manejo de residuos sólidos desde su generación, basándose en criterios sanitarios, ambientales y de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, el aprovechamiento, tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos.

Reaprovechar: Volver a obtener un beneficio del bien, artículo, elemento o parte del mismo que constituye residuo sólido. Se reconoce como técnica de reaprovechamiento el reciclaje, recuperación o reutilización.

Reciclaje: Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de los desechos sólidos se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia prima al ciclo productivo.

Recolección: Acción de recoger y trasladar los desechos generados, al equipo destinado a transportarlos a las instalaciones de almacenamiento, transferencia, tratamiento, reuso o a los sitios de disposición final.

Recolección Selectiva: Acción de clasificar, segregar y presentar segregadamente para su posterior utilización.

Recolección y transportación: Traslado de los desechos sólidos en vehículos destinados a este fin, desde los lugares de almacenamiento hasta el sitio donde serán dispuestos, con o sin tratamiento.

Recolectores: Personas destinadas a la actividad de recolectar los desechos sólidos.

Recuperación: Actividad relacionada con la obtención de materiales secundarios, bien sea por separación, desempaquetamiento, recogida o cualquier otra forma de retirar de los residuos sólidos algunos de sus componentes para su reciclaje o reuso.

Reducción en la Generación: Reducir o minimizar la cantidad o el tipo de residuos generados que deberán ser evacuados. Esta reducción evita la formación de residuos, mediante la fabricación, diseño, adquisición o bien modificación de los hábitos de consumo, peso y generación de residuos.

Relleno Sanitario: Instalación destinada a la disposición sanitaria y ambientalmente segura de los residuos sólidos en la superficie o bajo tierra, basados en los principios y métodos de la ingeniería sanitaria y ambiental.

Reuso: Es el retorno de un bien o producto a la corriente económica para ser utilizado en forma exactamente igual a como se utilizó antes, sin cambio alguno en su forma o naturaleza.

Reutilización: Capacidad de un producto o envase para ser usado en más de una ocasión, de la misma forma y para el mismo propósito para el cual fue fabricado.

Segregación: Proceso de selección o separación de un tipo de desecho específico con el objetivo de clasificar por categoría al residual sólido.

Pirolisis: Descomposición de los desechos por la acción del calor.

PPC: Producción per cápita, cantidad de desechos que produce una persona en un día, expresada como kilogramo por habitante y por día (Kg/hab-día).

4.14. ASPECTOS LEGALES DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

A continuación se presentan los principales instrumentos legales relacionados con el manejo de los residuos sólidos en el país.

4.14.1. Constitución Política (Ley 130, Reforma Constitucional, 2000)

Arto. 60: Los nicaragüenses tienen derecho a habitar en un ambiente saludable; es obligación del Estado la preservación, conservación y rescate del medio ambiente y de los recursos naturales.

4.14.2. NTON 05 014-01 Norma Técnica ambiental para el manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos: Esta norma tiene por objeto establecer los criterios técnicos y ambientales que deben cumplirse, en la ejecución de proyectos y actividades de manejo, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos, a fin de proteger el medio ambiente, la misma es de aplicación en todo el territorio nacional y de cumplimiento obligatorio para todas las personas naturales y jurídicas, que realicen el manejo, tratamiento y disposición final de desechos sólidos no peligrosos.

4.14.3. NTON 05 015 – 01 Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense para el Manejo y Eliminación de Residuos Sólidos Peligrosos: Tiene por objeto establecer los requisitos técnicos ambientales para el almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos sólidos peligrosos que se generen en actividades industriales, establecimientos que presten atención médica tales como clínicas y hospitales, laboratorios clínicos, laboratorios de producción de agentes biológicos, de enseñanza y de investigación, tanto humanos como veterinarios y centros antirrábicos. Esta normativa es de aplicación nacional y de obligatorio cumplimiento para todas las personas naturales y jurídicas que generen residuos sólidos peligrosos, y para todos aquellos que se dediquen a la manipulación, almacenamiento, recolección, transporte, tratamiento y disposición final de residuos sólidos peligrosos en cualquier parte del territorio nacional.

4.14.4. Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley 217, 1996):

Esta ley tiene por objeto establecer las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales, sus disposiciones son de orden público, es decir de obligatorio cumplimiento y en materia de gestión establece diez instrumentos. Con relación al sector residuos sólidos, esta Ley establece las disposiciones a las que se refiere el cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Disposiciones de la Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Relativas a la Gestión de los Residuos No Peligrosos y Peligrosos

Artículo 129	Las alcaldías operarán sistemas de recolección, tratamiento y disposición final de los desechos sólidos no peligrosos del municipio, observando las normas oficiales emitidas por el ministerio del ambiente y los recursos naturales (MARENA) y el ministerio de salud (MINSa), para la protección del ambiente y la salud.
Artículo 130	El Estado fomentará y estimulará el reciclaje de desechos domésticos y comerciales para su industrialización, mediante los procedimientos técnicos y sanitarios que aprueben las autoridades competentes.
Artículo 131	Toda persona que maneje residuos peligrosos está obligada a tener conocimiento de las propiedades físicas, químicas y biológicas de estas sustancias.
Artículo 132	Se prohíbe importar residuos tóxicos de acuerdo a la clasificación de la autoridad competente, así como la utilización del territorio nacional como tránsito de los mismos.
Artículo 133	El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales, podrá autorizar la exportación de residuos tóxicos cuando no existiese procedimiento adecuado en Nicaragua para la desactivación o eliminación de los mismos, para ello se requerirá de previo el consentimiento expreso del país receptor para eliminarlos en su territorio.

4.14.5. NTON 05 015 – 01 Norma Técnica para el control ambiental de los rellenos sanitarios para los desechos sólidos no peligrosos:

Esta norma tiene por objeto establecer los criterios generales y específicos, parámetros y especificaciones técnicas ambientales para la ubicación, diseño, operación, mantenimiento y cierre o clausura de la disposición final de los desechos sólidos no peligrosos en rellenos sanitarios.

4.14.6. Código Laboral de Nicaragua (Ley 185, 1996)

Arto. 53: La jornada ordinaria no podrá exceder de 6 horas en los centros o puestos de trabajo insalubres. En estos casos, no se podrá trabajar horas extras.

Arto. 100: El empleador tiene la obligación de adoptar medidas preventivas necesarias y adecuadas para proteger eficazmente la vida y salud de sus trabajadores, acondicionando las instalaciones físicas y proveyendo el equipo de trabajo necesario para reducir y eliminar los riesgos profesionales en los lugares de trabajo, sin perjuicio de las normas que establezca el Poder Ejecutivo a través del Ministerio del Trabajo.

Arto. 102: El trabajador está obligado a colaborar cumpliendo con las instrucciones impartidas para su protección personal y cuidando el material empleado en la misma.

Arto. 103: Los equipos de protección personal serán provistos por el empleador en forma gratuita y deberá darles mantenimiento, reparación adecuada y sustituirlos cuando el caso lo amerite.

Arto. 107: Los trabajadores no deben hacer sus comidas en el propio puesto de trabajo, salvo cuando se trate de casos que no permitan separación del mismo. (...) Los empleadores cuando tengan más de 25 trabajadores tienen la obligación de acondicionar locales para que puedan preparar e ingerir sus alimentos.

Arto. 113: Son también obligaciones del empleador: (...)

h) Realizar, por su cuenta, chequeos médicos periódicos a aquellos trabajadores que por las características laborales estén expuestos a riesgos profesionales, debiendo sujetarse a criterios médicos en cada caso específico.

4.14.7. Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos

La implementación de la Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos 2004-2023 establece como condición básica la estructuración -a corto y mediano plazo- de Planes Sectoriales de Manejo Integral de Residuos Sólidos en los diferentes sectores de la economía nacional.

V. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1. TIPO DE ESTUDIO

Este es un estudio descriptivo de corte transversal, en el cual se especifica propiedades, características y rasgos importantes de un fenómeno como es el caso de los residuos sólidos y su manejo en la empresa Nien Hsing Garment, S.A., en el periodo de Enero 2007 a febrero 2007.

Este trabajo tiene gran importancia para la carrera de Ingeniería Industrial, porque además que contribuye a mejorar la calidad ambiental, es un área que debería incorporarse en el pènsun académico.

5.2. UNIVERSO

El universo está constituido por cantidad total de residuos sólidos producidos diariamente en todas las áreas de Nien Hsing Garment, S.A. en el período de Enero 2007 a Marzo 2007.

5.3. MUESTRA

Se tomó como muestra la cantidad total de residuos sólidos producidos diariamente, en todas las áreas de Nien Hsing Garment, S.A., durante 3 días de muestreo, 13, 14,15 de febrero 2007.

Para determinar el tamaño de muestra, se tomó en consideración las políticas de la empresa y para no afectar directamente a los operarios, se decidió realizar entrevista solamente a: Gestor Ambiental, Vice-gerente Administrativo, Jefe de Servicios Generales, Supervisor de Producción.

5.4. VARIABLES E INDICADORES DE ESTUDIO

CARACTERIZACIÓN DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	
Variables	Indicadores
	1.1. Componentes individuales.

1. Características física de los residuos sólidos	1.2. Volumen. 1.3. Masa. 1.4. Densidad.
2. Manejo de los residuos sólidos	2.1. Generación. 2.2. Separación. 2.3. Recolección. 2.4. Transporte. 2.5. Disposición final.

5.5. MÉTODOS

- ◆ **Observación directa:** Este método nos permitió apreciar de manera directa la forma en que se manejan los residuos sólidos en la empresa.
- ◆ **Entrevista:** Permitted recopilar información acerca del tipo de residuos que se generan y la forma en que se manejan.
- ◆ **Método Sencillo de Análisis de Residuos Sólidos:** Facilitó la clasificación de los residuos y la medición y cálculo de su masa, volumen, densidad y producción per cápita.

5.6. INSTRUMENTOS DE RECOLECTA DE DATOS

- ◆ **Guías de Observación:** Se utilizaron para recolectar de manera sistemática la información obtenida a través de la observación in situ. En las guías se registró información acerca de las condiciones laborales del personal de recolección, el estado y cantidad de los recipientes de almacenamiento temporal, el estado del sistema de recolección y de la estación de transferencia.

- ◆ **Formularios de preguntas para entrevistas:** Compuestos por preguntas abiertas, que se utilizaron para recolectar información detallada de la forma de manejo de los residuos, que generalmente no puede obtenerse a través de la observación directa.
- ◆ **Matriz de registro de masa y volumen:** Utilizada para recolectar la información generada a través del Método Sencillo de Análisis de Residuos Sólidos. En ésta se registró el volumen y la masa de cada tipo de residuo para obtener, a través de cálculos, la densidad promedio y la producción per cápita.

5.7. PROCEDIMIENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS

El presente estudio se llevó a cabo en el período comprendido entre enero 2007 y marzo 2007. Habiéndose efectuado la etapa de campo en el mes de febrero.

5.7.1. Determinación de composición y densidad de los Residuos

Se determinó la composición física de los residuos sólidos generados en la empresa. Para ello se adaptó el Método Sencillo de Análisis de Residuos Sólidos a las condiciones específicas de la empresa. El método utilizado se resume en los siguientes pasos:

- ◆ Se seleccionó y acondicionó el lugar para la separación de los residuos sólidos durante 3 días de muestreo en época no lluviosa, que comprendieron desde el martes 13 al jueves 15 de febrero del 2007. El sitio se ubicó frente a la Estación de Transferencia (ubicada por las calderas) para evitar el desvío de los trabajadores que transportan los residuos y para facilitar la descarga de los residuos estudiados. Se impermeabilizó el área seleccionada con un plástico negro de 40 m de largo por 3 m de ancho.

OBSERVACIÓN: Se realizó la caracterización física de los residuos sólidos solamente por 3 días porque fue el tiempo que se consideró en la muestra, que fue el propuesto por la empresa.

- ◆ Previo a la separación de los residuos en el sitio seleccionado, se distribuyeron bolsas plásticas medianas de 20 galones a los responsables de la limpieza de

inodoros y oficinas, bolsas plásticas negras de 55 galones al personal de limpieza del exterior de la empresa, así como a los del comedor.

- ◆ Los residuos procedentes de distintas áreas de la empresa y transportados por los estantes móviles de recolección fueron depositados en el sitio por los trabajadores. Se separaron los residuos sólidos haciendo uso de guantes de hule, mascarillas, palas y escobas (Foto 1).



Foto 1. Materiales utilizados para la separación de los residuos

- ◆ Para este estudio, la clasificación se basó en el potencial de aprovechamiento de los diferentes residuos, por lo cual se dividieron en las siguientes categorías: poliestireno expandido o poroplast (PSE), plástico grueso (PP1), botellas PET/1, tapones y conos, plástico delgado, aluminio, lodos, retazos de tela, papel, cartón, polvillo azulado, restos de comida, madera, papel higiénico, arenilla de piedra poma y otros.

En la separación de los residuos se contó con ayuda de 3 jóvenes trabajadores que la empresa puso a nuestra disposición durante los días de caracterización física (Foto 2).



Foto 2. Separación de Residuos Sólidos con la ayuda trabajadores

- ◆ Los residuos separados se depositaron en bolsas plásticas rotuladas de 20 litros y 55 litros por cada tipo de residuo (Foto 3) y se pesaron en una báscula (Foto 4). Los valores de masa obtenidos fueron anotados en la matriz de registros de masa y volumen (Foto 5) (Anexo 1).



Foto 3. Separación por tipo de residuo



Foto 4. Pesaje de los residuos



Foto 5. Registro de los datos de peso y volumen

- ◆ Posteriormente, con el fin de determinar el volumen de los residuos sólidos en los sacos, se colocaron los residuos en barriles graduados con capacidad de 55 galones y se sacudieron 3 veces para llenar espacios vacíos dentro de los residuos. Se utilizaron el barril y el balde como unidades de medida de volumen, que luego fueron convertidas a metros cúbicos (Anexo 2). Finalmente, los residuos de volumen conocido se depositaban en la Estación de Transferencia o en el área de incineración.
- ◆ Con los valores de masa y volumen de los distintos tipos de residuos sólidos y la cantidad de empleados que laboran en la empresa, se determinó la densidad de los residuos (Ecuación 4.a) y la producción per cápita diaria total (Ecuación 4.b).

Ecuación para determinar la densidad de los residuos sólidos.

Ecuación 5.a

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Donde:

ρ : densidad

m: masa

v: volumen

Ecuación para determinar la producción per cápita de residuos en la empresa.

Ecuación 5.b

$$PPC = \frac{m_t}{n}$$

Donde:

PPC: producción per cápita

mt: masa total

n: número de personas que componen el universo

5.7.2. Evaluación del Manejo Actual de los Residuos Sólidos

En la Guía de Observación (Anexo 3) se registraron las áreas donde existen recipientes de residuos en desuso y recipientes cuya capacidad es excedida; también se registraron las áreas con residuos sólidos fuera de lugar.

Observamos las condiciones laborales de los trabajadores ligados al manejo de los residuos sólidos, el estado de los recipientes externos e internos de almacenamiento temporal, el estado de la Estación de Transferencia de los residuos.

Se aplicaron entrevistas que consisten en un conjunto de preguntas leídas al personal seleccionado, con el objeto de conocer aspectos clave acerca del manejo de los residuos sólidos, la opinión de estos trabajadores y las condiciones de seguridad e higiene laboral con que cuentan (Anexos 4).

Se realizó una entrevista al gestor ambiental, jefe de servicios generales y al vicepresidente administrativo de la empresa con el fin de obtener información específica sobre aspectos administrativos del manejo de los residuos sólidos (Anexo 5).

5.7.3. Elaboración del Plan Integral de Manejo de Residuos

Con los resultados del análisis de los residuos y la evaluación de su manejo, se elaboró un Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos basado en la metodología propuesta por el Consejo Nacional del Ambiente del Perú (CONAM) en el año 2001. La metodología fue ajustada al entorno de la Institución y se siguieron los siguientes pasos:

❖ Establecimiento de los Objetivos y Alcances del Plan

Con base en la situación identificada a partir del diagnóstico, se estableció los objetivos generales y específicos que se pretenden conseguir mediante la ejecución del Plan. A la vez delimitamos los alcances del plan en términos de área geográfica, período de planificación, residuos a manejar y población meta.

❖ Establecimiento de los lineamientos estratégicos del Plan

Una vez establecidos los objetivos, definimos a grandes rasgos las estrategias o lineamientos estratégicos para alcanzarlos. Es decir, los principios que guían el Plan hacia el cumplimiento de los objetivos.

❖ Preparación de la estrategia

Identificamos los aspectos claves del sistema que deben ser mejorados y las alternativas a seguir para mejorar dichos aspectos y cumplir con los objetivos, siguiendo los lineamientos estratégicos definidos.

Estas alternativas fueron discutidas y concertadas con el Departamento de Seguimiento Ambiental de la Alcaldía de Managua (ALMA).

❖ Formulación del Plan de Acción del PIMARS-Nien Hsing

Para cada una de las alternativas identificadas elaboramos sub-programas con objetivos, metas e indicadores de verificación. Además, determinamos las acciones necesarias para el desarrollo de cada sub-programa. En conjunto con el gestor ambiental y el gerente administrativo se establecieron los plazos y los responsables de cada una de las acciones determinadas.

❖ Estrategia de Implementación , Evaluación y Seguimiento

Finalmente diseñamos una pequeña estrategia de implementación del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos, con el propósito de proporcionar pautas generales para la ejecución del mismo, facilitando así dicho proceso. Además, presentamos una propuesta para la evaluación y el seguimiento del Plan, con el fin de proveer una guía para su continuidad.

5.8. TÉCNICAS DE ANÁLISIS

Se aplicó fórmulas para hacer conversiones de unidades de volumen de residuos generados, y para calcular la densidad de cada tipo de residuo y la producción per cápita diaria total en la empresa.

Para el análisis de la información recopilada se elaboraron matrices de datos, así mismo se analizó los resultados promedio de la densidad y producción per cápita, los cuales se representaron por medio de gráficos y tablas. Para realizar tales análisis se hizo uso del programa computacional Microsoft® Excel 2003.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. DATOS GENERALES DE LA EMPRESA

6.1.1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

Nien Hsing Garment (Managua), S. A. tiene un área de 31,421.84 m², ubicada en el Parque Industrial Las Mercedes, Km. 12 ½ carretera norte. Consta de las áreas siguientes: producción de corte, producción lineal, lavandería, empaque, planta de tratamiento de aguas residuales, mantenimiento, administración y comedor.

Cuenta con ocho líneas encargadas del ensamble de prendas para vestir (Buttom, prendas de la cintura hacia abajo), dos calderas para incineración de telas, madera, papel, dos calderas de bunker, 30 lavadoras: 8 para tinte, 6 para cloro y 16 que utilizan piedra poma, 28 secadoras y 12 pulidoras.

6.1.2. ORGANIZACIÓN DE NIEN HSING GARMENT (MANAGUA), S. A.

Días de trabajo a la semana	5 ½ días			
Horario laboral	De	Lunes	a	Sábado
sábado	Medio tiempo			
Funciones del personal	No. de personas			
Oficina: Gerencia y administración	31			
Limpieza	35			
Planta : en producción	2,714			
Servicios generales	25			
Total	2,805			

TURNOS Y NÚMERO DE TRABAJADORES POR TURNO:

Turnos	No. de trabajadores	Horarios
1 Turno	2,805	De: 7:00 AM A : 5:15 PM

DATOS DE INACTIVIDAD EN LA INDUSTRIA

Período de vacaciones	Días feriados nacionales, si se trabajan son pagados como lo estipula la ley.
-----------------------	---

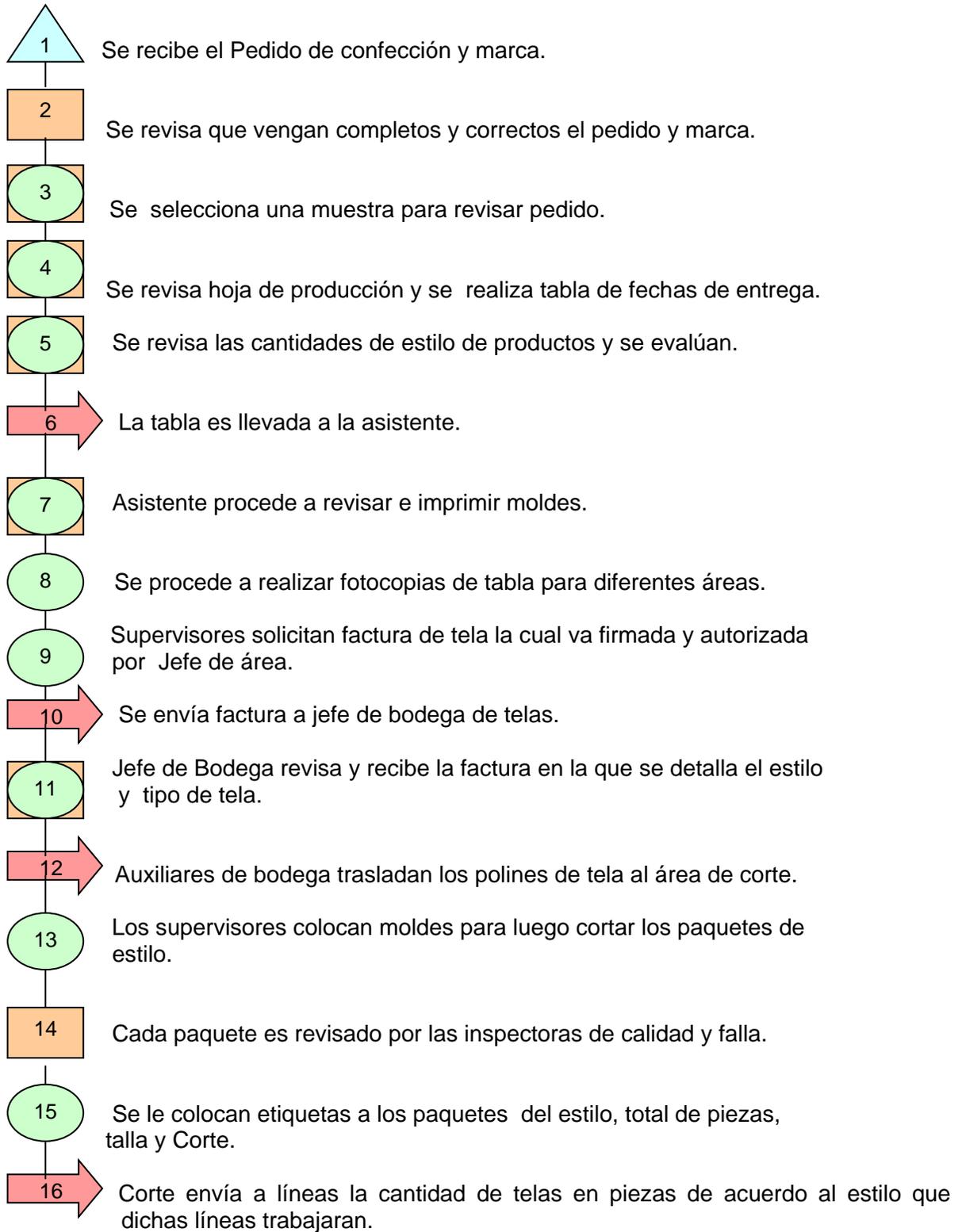
6.1.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN

6.1.3.1. PROCESOS EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE CORTE

1. Se recibe el pedido de confección y la marca de control de calidad.
2. Al recibirla, se revisa que vengan correctos y completos (tanto el pedido de confección como la marca).
3. El jefe solicita que se le saquen muestras de cada pedido para revisar las medidas, antes y después de lavado.
4. Al estar listos los modelos se revisa la hoja de producción para hacer las tablas que tengan fechas próximas a entregar o cancelar.
5. Cuando se hacen las tablas se revisan las docenas que tengan el mismo estilo, para luego darle un porcentaje que va de 1 % al 10 % según la cantidad de docenas.
6. Ya elaborada la tabla se pasa al asistente para que la revise y luego imprima los marques (moldes).
7. Después de revisada la tabla se saca copia para las diferentes áreas de la empresa (línea, bodega de hilo, remache, inspección lineal, empaque, bodega de empaque, lavandería, contabilidad, dejando una copia también en corte).
8. Los supervisores chinos de corte solicitan factura de tela, la cual la elaboran en un formato de Excel, van debidamente firmadas por la persona que la elabora y el asistente del jefe de área para luego entregarla a bodega de tela.
9. La supervisora china de bodega de tela recibe y revisa la factura, en esta se detalla el número de factura, la fecha, la línea, el estilo y la tela.

10. Los auxiliares de bodega de tela trasladan los polines con la tela al área de corte, donde se colocan en las respectivas mesas de trabajo.
11. Los supervisores colocan los marques para luego tender la tela y cortar los paquetes del estilo. Siendo en ésta parte del proceso donde se genera la mayor cantidad de residuos.
12. Cada paquete es revisado por las inspectoras de calidad y de fallas.
13. Cada paquete lleva una etiqueta donde describe el estilo, total de piezas, talla y corte.
14. Entrega corte a las líneas la cantidad de telas en piezas de acuerdo al estilo que dichas líneas van a trabajar y realizar.

DIAGRAMA DE FLUJO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE CORTE



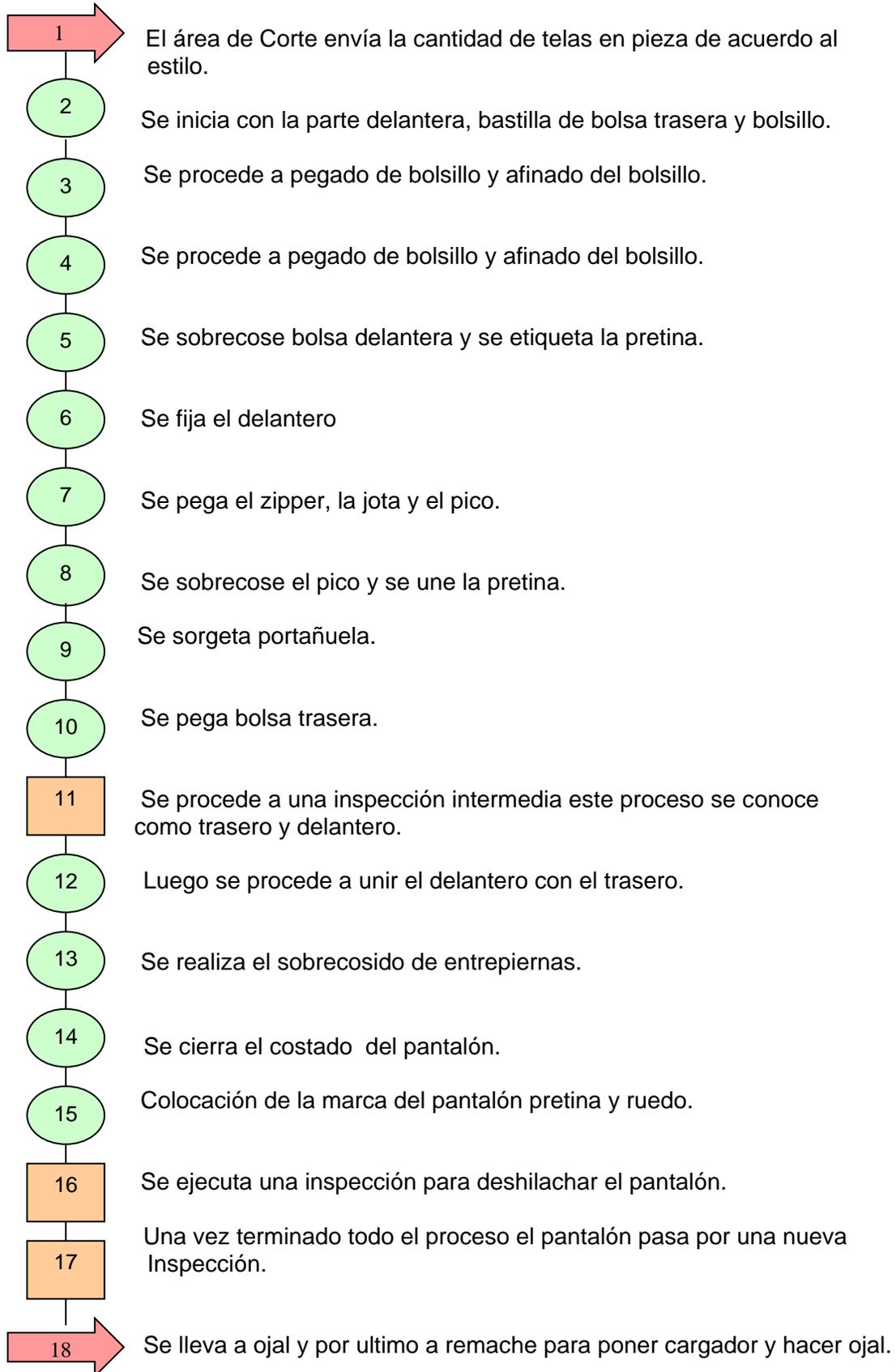
6.1.3.2. PROCESO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN LINEAL

1. Las líneas reciben la cantidad de telas en pieza de acuerdo al estilo que dichas líneas van a trabajar y éstas a su vez lo realizan de la manera siguiente:
 - a. Se inicia con la parte delantera y de una manera simultánea:
Falso –bastilla de bolsa trasera y bolsillo. Cuchillas. Pegado de bolsillo, afinado de bolsillo- cerrar fundillo. Cerrar bolsa (Manta), talla en cuchilla. Sobrecose bolsa delantera, etiqueta en pretina. Fijar delantero, etiqueta en pretina. Pegado de zipper, jota, pegar pico. Sobrecosido de pico, unir pretina.
Pegar pico, sorgetar portañuela. Pegar bolsa trasera.
2. Una vez terminadas todas estas operaciones pasan por inspección intermedia para ser revisadas para que vayan de acuerdo al estilo que se desea sacar. Todas estas operaciones juntas se le conoce como trasero y delantero.
3. Posteriormente una persona se encarga de hermanar o unir lo que se llama trasero y delantero.
4. Después se llega a lo que se llama parte trasera del pantalón:
Overlook (Unir trasero y delantero, también lo que se llama entrepierna).
Codo, se refiere al sobrecosido de la entrepierna.
Cerrar costado.
Rayita, pretina y marca, si a caso lleva el pantalón.
Punta, Ruedo.
Deshilache, consiste en limpiar el pantalón de los hilos que le quedan.

Una vez terminado todo este proceso el pantalón pasa por inspección nuevamente para revisar la calidad de este, luego se lleva a ojal, y por último se lleva a remache para ponerle el cargador al pantalón y hacerle el ojal.

Nota: Hay operaciones que se rayan antes de pasarlas por la máquina como: bolsa trasera, bolsa lateral. Cuando el estilo lleva pretina, chapeta, punta, bolsillo, ruedo, siendo a su vez caprichosos, es decir si el estilo lo exige.

DIAGRAMA DE FLUJO EN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN LINEAL



6.1.3.3. PROCESO EN EL ÁREA DE LAVANDERÍA

El proceso de lavandería comienza con la entrada de ropa elaborada al área de lavandería, la cual se divide en sub-áreas que son: pulidoras, mesas, remache, lavandería y secadora.

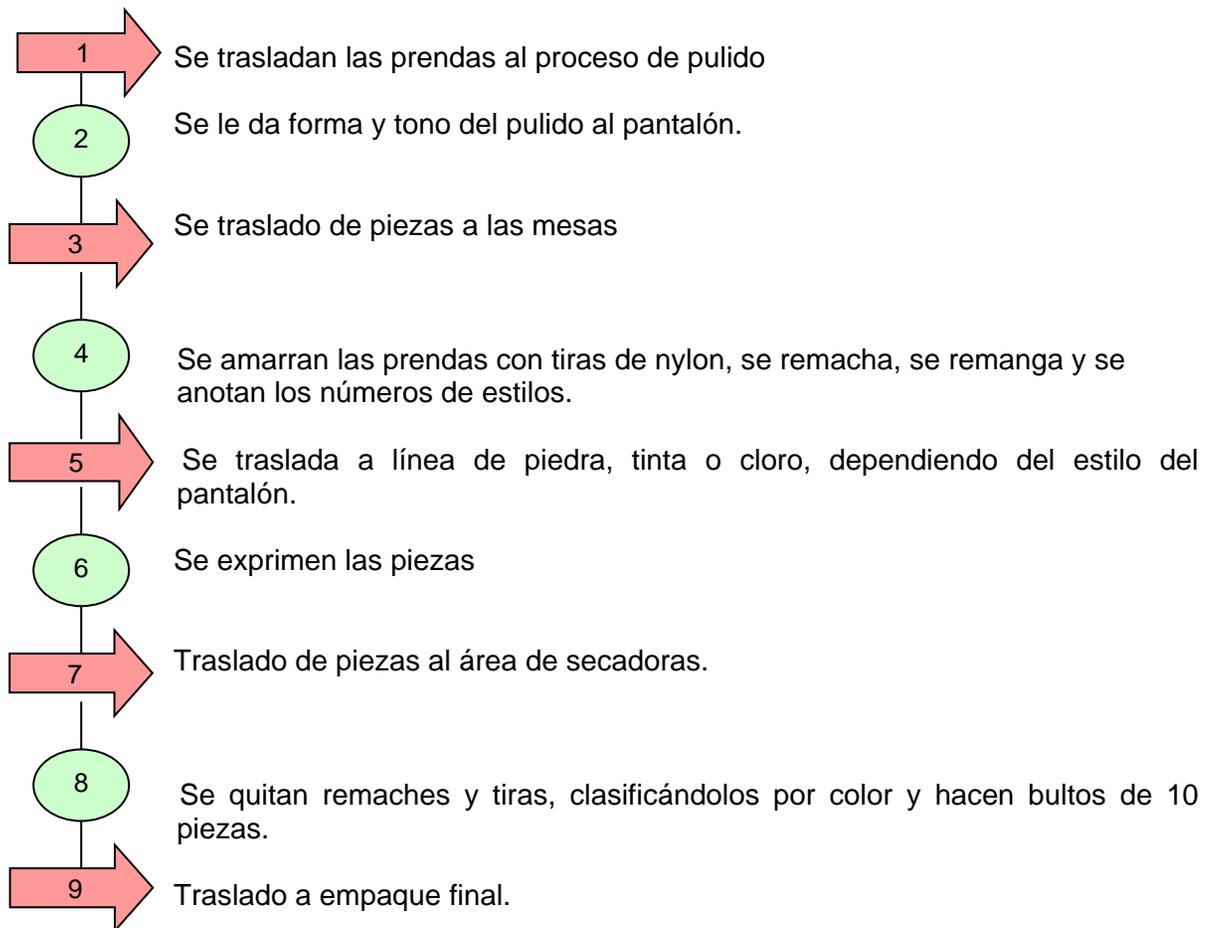
1. Las líneas del área de lavandería tiene diferentes entradas dependiendo del proceso de un estilo, por ejemplo si el estilo, va pulido primeramente va al área de pulidores, en donde se trabaja con silicato de aluminio o óxido de aluminio (arena) y presión de aire proveniente de compresoras, todo esto para darle la forma y el tono del pulido en el pantalón. También dentro de esta se área, se laboran trabajos de pintura, quebrado y lijado.
2. De las pulidoras a las mesas: Aquí se realiza el amarre con tiras de nylon, para que la prenda no se dañe en el proceso de lavado, se remacha, se remanga y se anotan los números de estilos, para un mejor control de las piezas.
3. De las mesas se trasladan a las diferentes líneas de: Línea de tinte, línea de cloro, línea de piedra, dependiendo de los estilos. Por ejemplo, si el estilo necesita proceso en piedra se traslada a dicho lugar e igual con las demás líneas y estilos. Los procesos se realizan con uso de químicos tales como: hiposulfito, jodo ash, soda caustica, ablandador, agua oxigenada, jabón líquido, ácido acético, cloro. También el uso de vapor para calentar el agua, tiempo en minutos y la supervisión constante de los encargados del proceso.
4. Exprimido de piezas: Se da cuando el proceso de lavado ha terminado, se continúa con el secado en las máquinas exprimidoras (semisecado).
5. Traslado al área de secadoras: Se clasifican por estilo, ya que cada estilo tiene su tiempo de secado, luego se ponen en las mesas del área para realizar el quitado de remache, tiras, clasificación de colores y amarre de bultos de diez piezas. Es la parte más delicada porque es donde se da la mayor responsabilidad a lavandería porque el producto terminado tiene que salir de acuerdo al pedido que hace el

cliente a la empresa: tonos de colores, calidad de la tela, calidad de proceso, clasificación de las tallas y estilos.

6. Traslado a empaque final.

Nota: El ingreso a lavandería de piezas elaboradas, se da de acuerdo a los estilos que pueden comenzar por la pulidora o directamente a lavandería.

DIAGRAMA DE FLUJO EN EL ÁREA DE LAVANDERÍA.



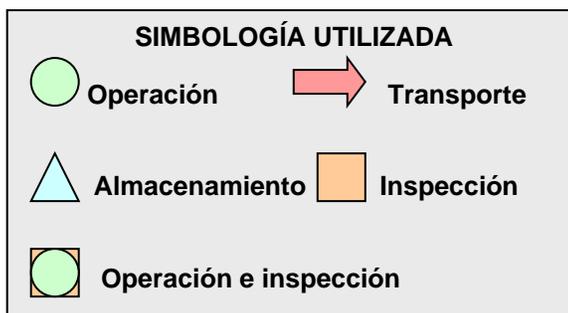
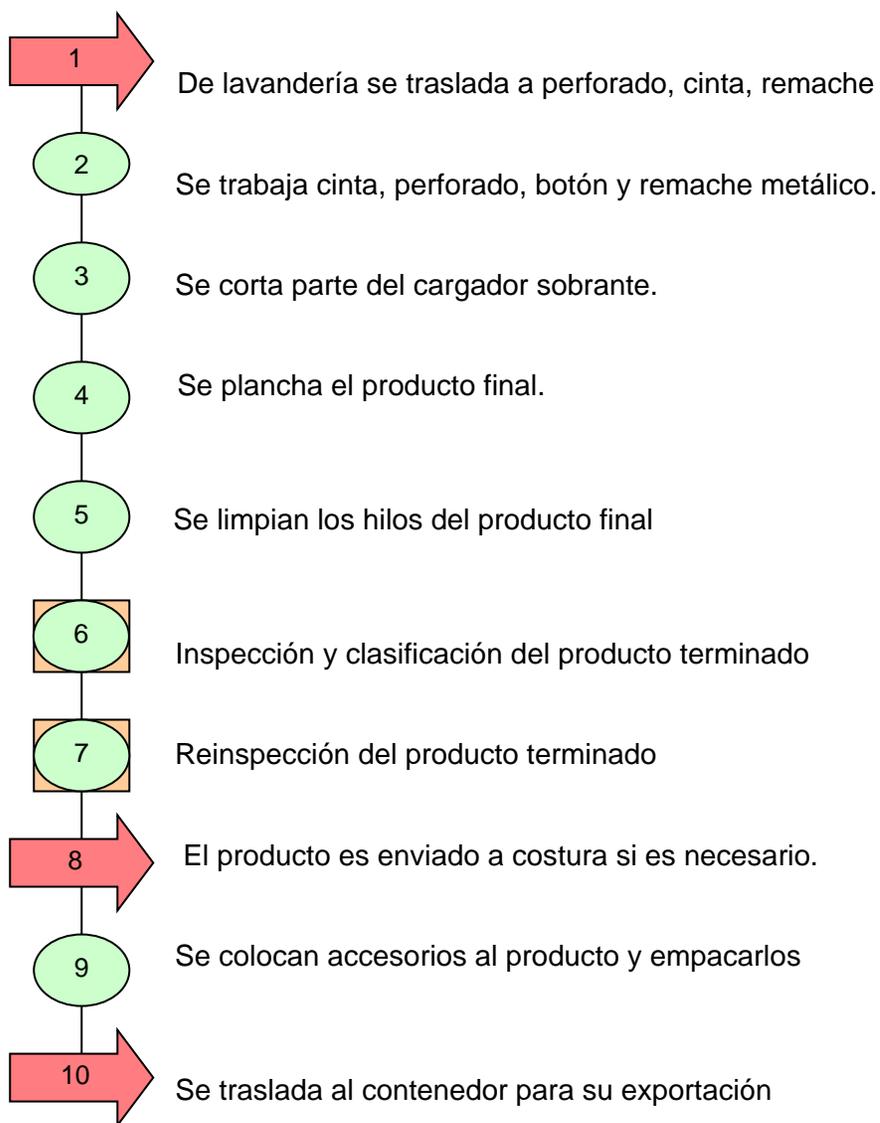
6.1.3.4. PROCESO EN EL ÁREA DE EMPAQUE

Al iniciar el proceso en el área de empaque, el producto viene del área de lavandería, dándole seguimiento para finalizar el producto y así exportarlo:

1. Al finalizar el proceso de lavandería se le da seguimiento al área de cinta, perforado, remache y botón metálico. El producto lo comienza a trabajar cinta, si así lo requiere, luego sigue perforado, se continúa con el botón y se finaliza con el remache metálico.
2. El área de corte de cargador: Este es el área que se encarga de cortar una parte del cargador que lleva el producto, en esta área se da por finalizado el pantalón.
3. El área de plancha final: Es el área que se encarga de planchar el producto final con remache, botón metálico, para en seguida trasladarlo a deshilache.
4. El área de deshilache: Se encarga de limpiar los hilos del producto final.
5. El área de clasificación: Se encarga de inspeccionar y clasificar el producto elaborado por líneas de producción, selecciona para enviarlo donde lo requieran: empaque, costura, pintura o reinspección.
6. El área de reinspección: Se encarga de reinspeccionar el producto nuevamente y así enviarlo al área de empaque o al área de costura si así lo requiere.
7. El área de costura: Es la encargada de finalizar el producto que mandan diferentes áreas, para en seguida ser reparada y luego enviarlas nuevamente al área de reinspección.
8. El área de empaque: Es la encargada de finalizar el producto, en esta área se toma en cuenta el área de bodega de accesorios, ya que facilita los accesorios que necesita el producto.

Finalizando con el área de empaque final: Es el área donde el producto está completamente listo, una vez en caja va directamente al contenedor, para ser exportado inmediatamente.

DIAGRAMA DE FLUJO EN EL ÁREA DE EMPAQUE



A continuación se presentan y discuten los resultados de la determinación de la composición y densidad de los residuos sólidos, la evaluación de su manejo y la elaboración del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos.

6.2. COMPOSICIÓN Y DENSIDAD DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS

6.2.1. Componentes Individuales

Con el fin de determinar el volumen y masa de residuos sólidos que pueden ser reducidos o aprovechados a través de diferentes métodos, estos se separaron en los siguientes componentes individuales:

Tabla 6.1. Componentes Individuales y formas típicas

Categorías	Formas Típicas
Papel y cartón	Papel bond, cartulina, cajas de cartón (de embalaje de latas, botellas, papel, computadoras, etc.), cajillas de huevos.
Papel higiénico	Papel higiénico, servilletas, toallas sanitarias, papel absorbente.
Tejidos	Retazos de tela Denim, T-C Pocketing.
Lodos	Lodos procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales, arenilla de piedra poma, polvillo azulado proveniente de pulidoras.
Materia orgánica e inorgánica	Restos de comida, aluminio (latas de refrescos y bebidas carbonatadas), trozos de madera, hojas de los árboles.
Plástico (PP1)	Envolturas de cajas, bolsas, cubiertos descartables, marcadores, guantes de látex, etc.
Polietileno Tereftalato PET/1	Envases de agua, jugos y bebidas carbonatadas.
Poroplast (PSE6)	Vasos, platos, empaques de comida y material de embalaje.
Polipropileno PP/5	Conos de hilos, tapones de botellas, perchas
Polietileno de Baja Densidad PE- BD/4	Bolsas de todo tipo, envasamiento automático de alimentos y productos industriales (leche, agua, juguitos, etc.).
Diversos	Bolsas de galletas, caramelos, tortillas, nachos, etc.
Otros	Mezcla de todos los residuos antes mencionados que era difícil la separación, incluyendo cartuchos de tinta y tóner, entre otros.

La gran diversidad de residuos encontrada se debe a las grandes cantidades de materia prima utilizada y a la falta de un buen aprovechamiento (hilos y perchas en buen estado), y a las distintas fuentes generadoras que existen entre ellas: oficinas, servicios higiénicos, planta de tratamiento, lavandería, producción, comedor y taller.

6.2.2. Masa

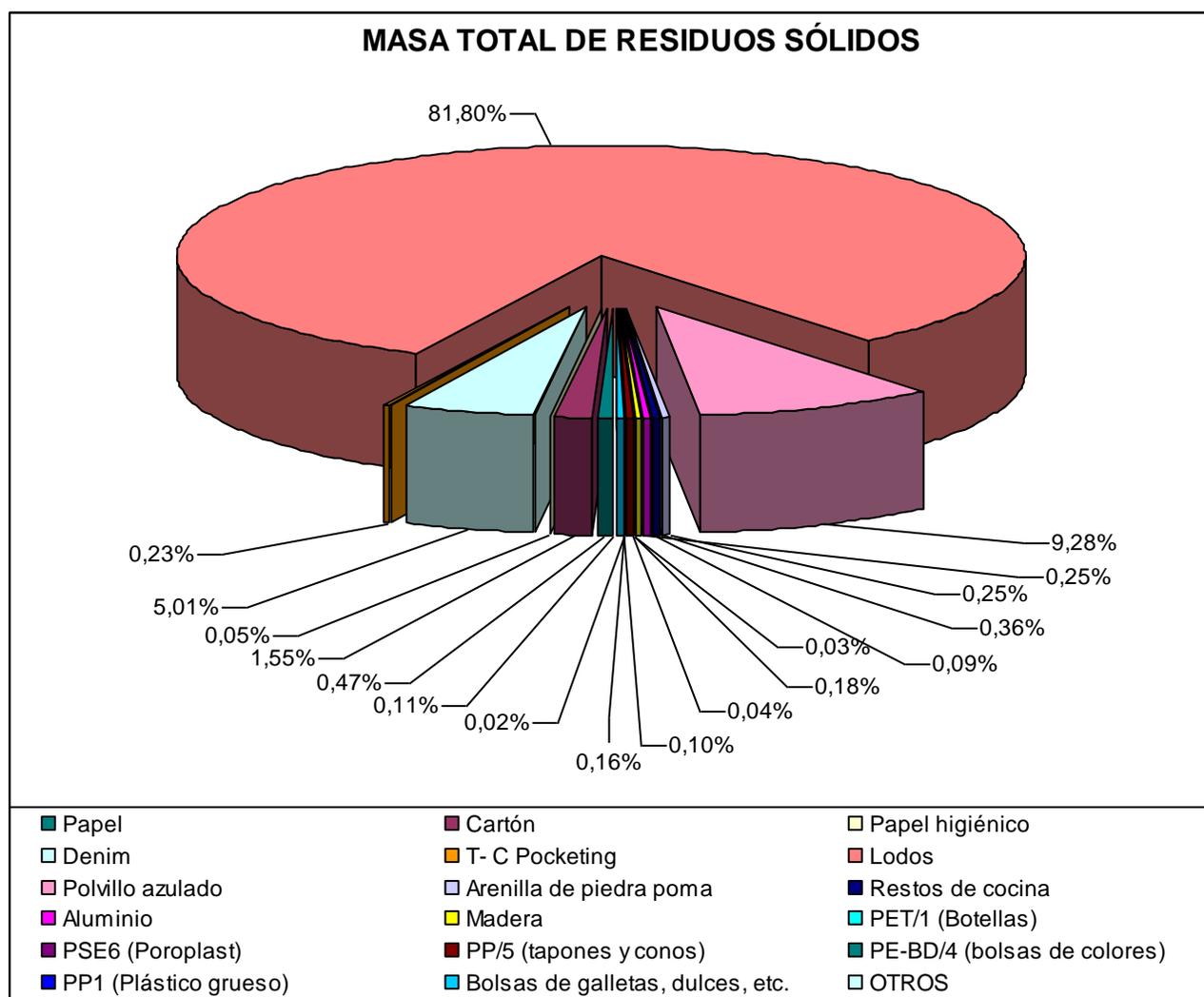
Tabla 6.2. Masa por tipo de residuos

MASA OBTENIDA POR TIPOS DE RESIDUOS (Kg)						
TIPOS DE RESIDUOS	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	TOTAL	PROMEDIO	%
PAPEL Y CARTÓN						
Papel	53.5	96.5	55	205	68.33	0.47
Cartón	236.5	220.2	227	683.7	227.9	1.55
Papel higiénico	8	10	3	21	7	0.05
TEJIDOS						
Denim	734.8	734.8	734.8	2,204.4	734.8	5.01
T- C Pocketing	33.8	33.8	33.8	101.4	33.8	0.23
LODOS, POLVILLOS Y ARENA						
Lodos procedentes de aguas residuales	18,000	0	18,000	36,000	12,000	81.80
Polvillo azulado	1,361	1,361	1,361	4,083	1,361	9.28
Arenilla de piedra poma	48	33	30.5	111.5	37.17	0.25
MATERIA ORGÁNICA E INORGÁNICA						
Restos de comida	55	50	53.5	158.5	52.83	0.36
Aluminio	14.5	12	15	41.5	13.83	0.09
Madera	76	20	15	111	37	0.25
PLÁSTICOS						
PET/ 1 (Botellas)	5.5	4.5	3	13	4.33	0.03
PP/5 (tapones y conos)	9.2	4	5	18.2	6.07	0.04
PE-BD/4 (bolsas de colores)	39.5	21.5	18.5	79.5	26.50	0.18
PP/1 (plástico grueso)	20.5	23.5	28.2	72.2	24.07	0.16
Bolsas de galletas, dulces, etc.	3.5	2.5	1.5	7.5	2.50	0.02
PSE6 (Poroplast)	13.5	18	14	45.5	15.17	0.10
OTROS	31.5	7	12	50.5	16.83	0.11
TOTAL	20,744.3	2,652.3	20,610.8	44,007.4	14,669.13	100

En la tabla 6.2 se refleja la masa de residuos producida durante cada día de muestreo. Se puede apreciar que el día martes se genera mayor cantidad, debido a que la empresa estaba desarrollando una limpieza general de las instalaciones. El día miércoles no se realizó pesaje de lodo porque solamente cargan los camiones dos veces por semana para llevarlos a la disposición final, ya que éstos tienen que esperar un tiempo determinado para secarse y solamente así pueden transferirse. También se observa que la mayor cantidad de masa corresponde a los lodos (81.8 %) y el polvillo azulado que se genera de las pulidoras (9.28 %). Los tejidos representan un 5.24%, el cartón 1.55 % y el papel 0.47 %. La menor masa es aportada por las bolsas de galletas dulces, poroplast, plásticos, etc.

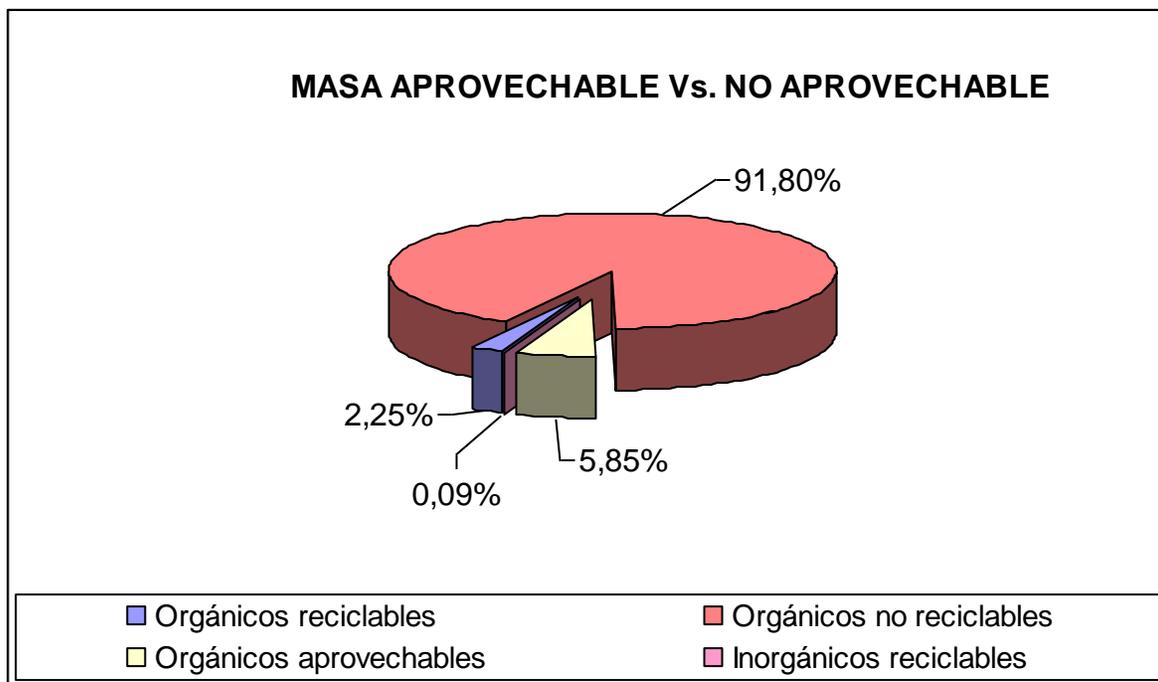
Esta información la podemos apreciar en el **gráfico siguiente**:

Grafico 6.1. Distribución relativa en masa de residuos.



Como se aprecia en el próximo gráfico (6.2), casi un 5.85% de la masa de los residuos está constituido por materia orgánica (residuos de comida) y los residuos de textiles, la cual es aprovechada como alimento de animales domésticos y para la producción de calor y vapor, respectivamente.

Gráfico 6.2. Distribución relativa en masa de residuos aprovechable y no aprovechable



En el gráfico 6.2 también se observa que alrededor del 2.25% de la masa de residuos (plástico, papel y cartón) puede ser reciclado en el país por diferentes industrias, que los utilizan para producir materia prima. El plástico es reciclado por varias empresas -Plásticos Modernos S.A. y Plastinic S. A., entre otras- para confeccionar bolsas plásticas para basura.

Un 0.09% de la masa de residuos sólidos (aluminio) puede ser vendido a acopiadores nacionales, quienes exportan estos residuos para reciclarlos en El Salvador, Costa Rica, Guatemala, Honduras, China y Estados Unidos.

La Dirección de Servicios Aduaneros del Ministerio de Hacienda y Crédito Público afirma que en el año 2003 se exportaron 1,178 toneladas de aluminio hacia plantas de reciclaje en Estados Unidos, China, Costa Rica y Honduras (MARENA, 2004 b).

Esto indica que existe un mercado de estos residuos en el país, el cual genera beneficios económicos considerables.

El gráfico 6.2 muestra que el 91.8% de la masa de residuos generados en la empresa no pueden ser aprovechados de manera alguna, por lo cual se debe considerar la reducción en la generación de estos residuos, entre los que se encuentran el poroplast y "otros".

Sin embargo dentro de los residuos que no pueden ser aprovechados por la empresa, encontramos los lodos que representan un 81.80 % de la masa de residuos sin aprovechamiento, lo que consideramos pueden ser aptos para relleno sanitario, siempre y cuando se le de el tratamiento adecuado.

En cuanto a la producción per cápita (PPC), durante los días de muestreo se generaron 44,007.4 kilogramos de residuos sólidos. Considerando que el número total de empleados es de 2,805 miembros, la producción per cápita es de 5,229 gramos/persona/día, equivalente a 5.229 kg/persona/día.

Si se excluyen los lodos, polvillo azulado, arenilla de piedra poma y los textiles de la producción per cápita desciende 46.8 gramos por persona, (0.00468 kg/hab/día). Esta información puede ser útil para hacer estimaciones de generación total de residuos sólidos en caso de que el número de trabajadores varíe, dado que la generación de residuos excluidos se mantiene relativamente constante. En el Anexo 6 se muestra detalladamente la producción per cápita por día y por tipo de residuos durante los días de muestreo.

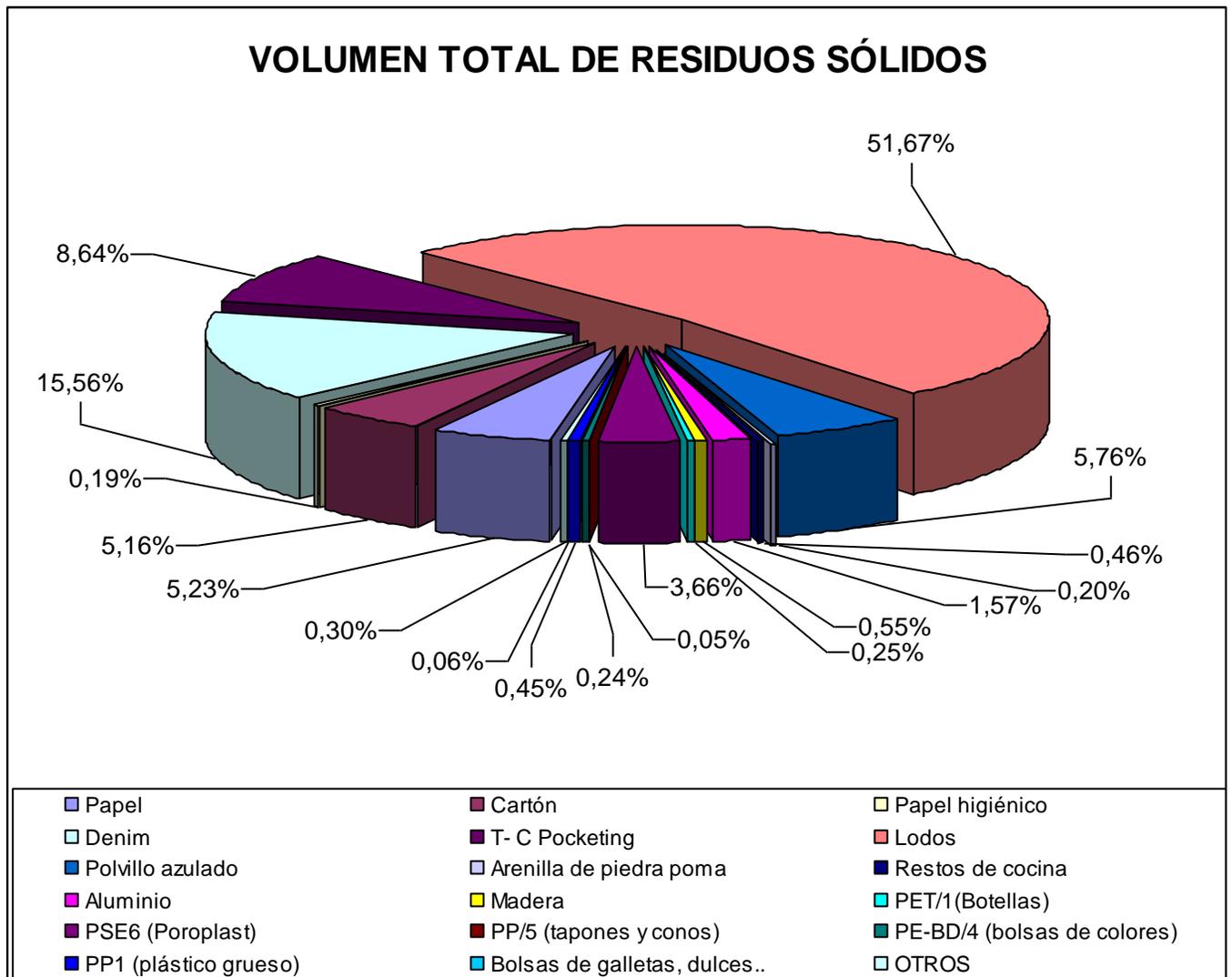
6.2.3. VOLUMEN

Tabla 6.3. Volumen por tipo de residuo

VOLUMEN OBTENIDO POR TIPOS DE RESIDUOS (m ³)						
TIPOS DE RESIDUOS	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	TOTAL	PROMEDIO	%
PAPEL Y CARTÓN						
Papel	1.49	2.68	1.5	5.67	1.89	5.23
Cartón	1.93	1.80	1.86	5.59	1.86	5.15
Papel higiénico	0.08	0.10	0.03	0.21	0.07	0.19
TEJIDOS						
Denim	5.62	5.62	5.62	16.86	5.62	15.55
T- C Pocketing	3.12	3.12	3.12	9.36	3.12	8.64
LODOS, POLVILLOS Y ARENA						
Lodos procedentes de aguas residuales	28	0	28	56	18.67	51.67
Polvillo azulado	2.08	2.08	2.08	6.24	2.08	5.76
Arenilla de piedra poma	0.10	0.07	0.05	0.22	0.073	0.20
MATERIA ORGÁNICA E INORGÁNICA						
Restos de comida	0.17	0.16	0.17	0.5	0.17	0.47
Aluminio	0.66	0.54	0.50	1.7	0.57	1.58
Madera	0.41	0.11	0.08	0.6	0.2	0.55
PLÁSTICOS						
PET/1 (Botellas)	0.12	0.09	0.06	0.27	0.09	0.25
PP/5 (tapones y conos)	0.02	0.015	0.018	0.053	0.018	0.049
PE-BD/4 (bolsas de colores)	0.13	0.07	0.06	0.26	0.087	0.24
PP1 (plástico grueso)	0.14	0.16	0.19	0.49	0.16	0.44
Bolsas de galletas, dulces, etc.	0.03	0.02	0.012	0.062	0.021	0.06
PSE6 (Poroplast)	1.27	1.5	1.2	3.97	1.32	3.65
OTROS	0.20	0.04	0.08	0.32	0.11	0.30
TOTAL	45.57	18.18	44.63	108.38	36.13	100

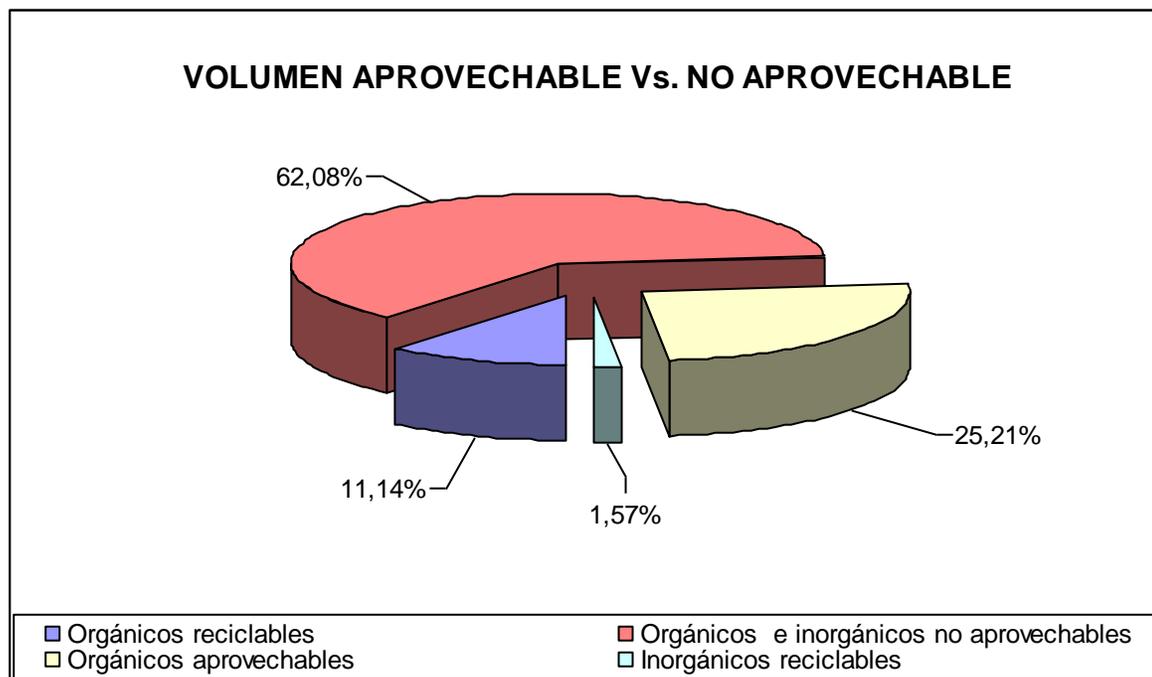
La tabla 6.3. demuestra que los residuos que generan mayor volumen son los lodos (51.67%), los retazos de tela Denim (15.55 %), T-C Pocketing (8.64 %), Polvillo azulado (5.76 %), cartón (5.15 %) y papel (5.23 %), siendo el papel higiénico el que aporte menos volumen (0.19 %). El aporte porcentual de cada tipo de residuo se presenta en el siguiente gráfico.

Gráfico 6.3. Distribución relativa en volumen de residuos



Como se observa en el siguiente gráfico (6.4), el volumen no aprovechable de los residuos generados en la empresa corresponde a un 62.08%, mientras que el 11.14% de los residuos puede ser reciclado a través de diferentes procesos. El 25.21% del volumen de los residuos generados son orgánico (Residuos de Comida) aprovechados por los empleados para la alimentación de animales domésticos; tejidos y madera utilizados para producir calor y vapor a través de un tratamiento térmico. El 11.14% de los residuos (Plástico, Papel y Cartón) puede ser reciclado a través de procesos industriales a nivel nacional, mientras que el restante 1.57% (Aluminio) puede ser vendido a acopiadores en el país para ser reciclado mediante procesos industriales en países de la región, Estados Unidos y China.

Gráfico 6.4. Distribución relativa de residuos en volumen



Si la empresa aprovechara sus residuos sólidos, que no recicla como son el papel, cartón, plásticos, aluminio, no sólo generaría beneficios económicos por la venta y por el ahorro en el costo del servicio de transporte de los residuos hacia su destino final, sino también en términos de higiene y estética: se reducirían notablemente los malos olores, la cantidad de vectores y los residuos fuera de lugar alrededor de la Estación de Transferencia y los recipientes externos.

6.2.4. DENSIDAD

Tabla 6.4. Densidad por tipo de residuo

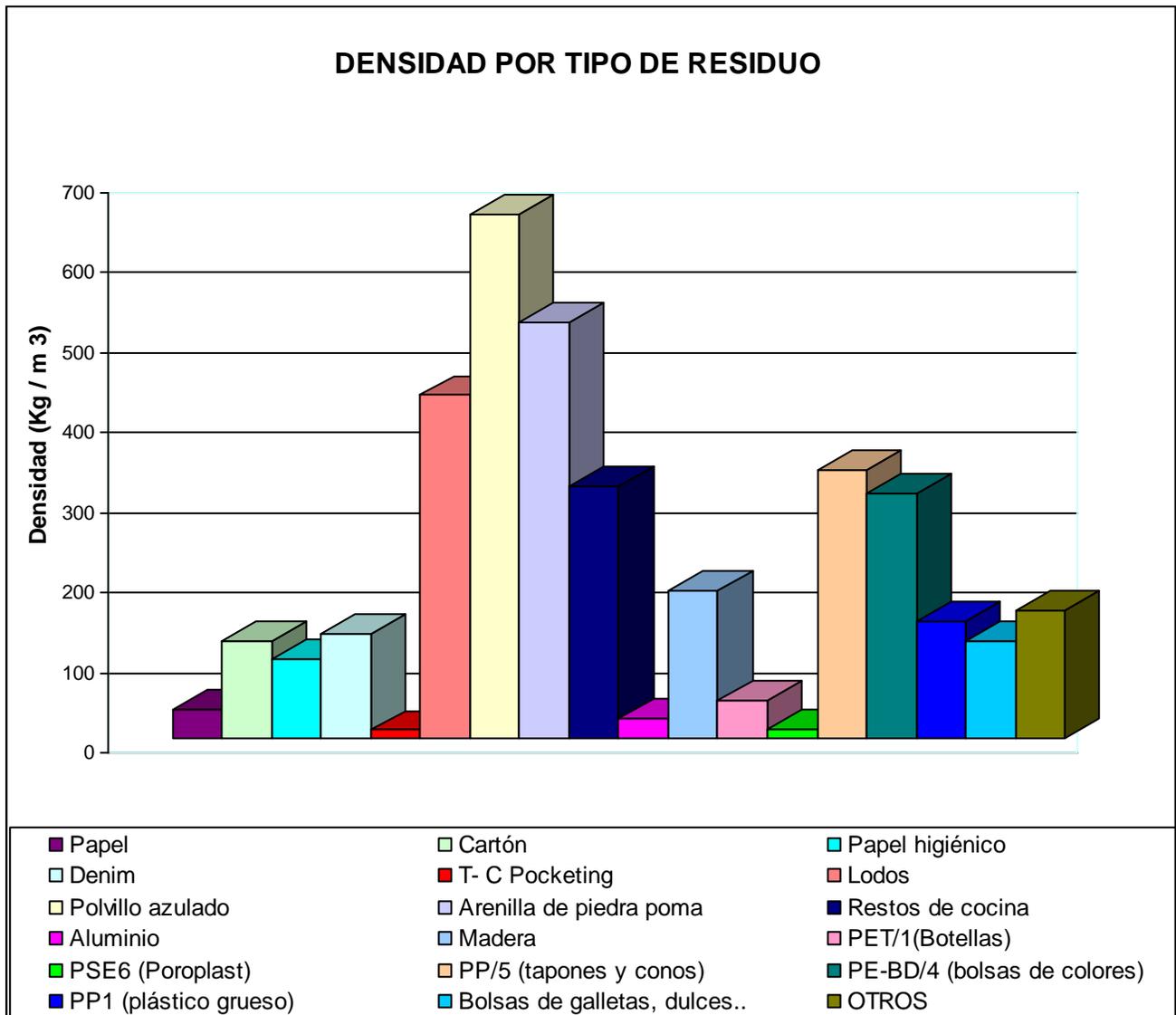
DENSIDAD POR TIPO DE RESIDUO GENERADO (Kg / m³)					
TIPOS DE RESIDUOS	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	TOTAL	PROMEDIO
PAPEL Y CARTÓN					
Papel	35.91	36.01	36.67	108.59	36.20
Cartón	122.54	122.33	122.04	366.91	122.30
Papel higiénico	100	100	100	300	100
TEJIDOS					
Denim	130.74	130.74	130.74	392.22	130.74
T- C Pocketing	10.83	10.83	10.83	32.49	10.83
LODOS, POLVILLOS Y ARENA					
Lodos procedentes de aguas residuales	642.86	0	642.86	1,285.72	428.57
Polvillo azulado	654.33	654.33	654.33	1,962.99	654.33
Arenilla de piedra poma	480	471.43	610	1,561.43	520.48
MATERIA ORGÁNICA E INORGÁNICA					
Restos de comida	323.53	312.5	311.76	947.79	315.93
Aluminio	21.97	22.22	30	74.19	24.73
Madera	185.37	181.81	187.5	554.68	184.89
PLÁSTICOS					
PET/1 (Botellas)	45.83	50	50	145.83	48.61
PSE6 (Poroplast)	10.63	12	11.67	34.3	11.43
PP/5 (tapones y conos)	460	266.67	277.78	1,004.45	334.82
PE-BD/4 (bolsas de colores)	303.85	307.14	308.33	919.32	306.44
PP1 (plástico grueso)	146.43	146.88	148.42	441.73	147.24
Bolsas de galletas, dulces, etc.	116.67	125	125	366.67	122.22
OTROS	157.5	175	150	482.5	160.83
TOTAL	3,948.99	3,124.89	3,907.93	10,981.81	3,660.60

En la tabla 6.4 se observa que los residuos con mayor densidad promedio son: polvillo azulado (654.33Kg/m³), arenilla de piedra poma (520.48 Kg/m³) y lodos (428.57 Kg/m³) seguidos por tapones y conos (334.82 Kg/m³) y restos de comida 315.93 (Kg/m³).

Los residuos con densidades más bajas son los restos de tejidos T-C Pocketing (10.83 Kg/m³), tomamos en cuenta por separado los residuos por tipos de tejidos utilizados, el poroplast (11.43 Kg/m³) y por último el aluminio (24.73 Kg/m³).

En el gráfico 6.5 se puede apreciar con claridad la diferencia entre la densidad promedio de cada tipo de residuo.

Gráfico 6.5. Densidad promedio de los componentes individuales



La mayoría de los resultados de densidad obtenidos se encuentran dentro de los rangos establecidos por Tchobanoglous (1998), sin embargo los que están fuera es porque que el rango establecido no toma en cuenta las variaciones climáticas y las formas en que puedan presentarse los residuos sólidos.

6.3. CARACTERIZACIÓN DE LODOS

Para la caracterización de los lodos del sistema de tratamiento la empresa proporcionó los resultados de los análisis de las muestras de lodos que salen del filtro prensa es decir lodo secundario, realizadas por el Centro de Investigación y Estudios en Medio Ambiente, Laboratorio Biomasa, el cual es el siguiente:

Análisis de Lodos del sistema de tratamiento de Nien Hsing Garment, S.A.

Tabla 6.5. Resultado del análisis de lodos.

ANÁLISIS	MUESTRA	
	Unidad	No. 1
pH	gr/kg	6.85
DQO	gr/kg	286.4
DBO ₅	%	8.1
Sólidos totales	%	36
Humedad	mg/kg	63.9
Zinc total *	mg/kg	38.0
Cromo hexavalente	mg/kg	2.0
Cromo total *	mg/kg	2.0
Sulfuros	mg/kg	8.2
Sulfito	mg/kg	< 2.0
Grasas y aceites	mg/kg	23.1

* Análisis sub-contratado

Estos análisis fueron presentados al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) por la empresa en estudio, concluyendo que no representan peligro de contaminación ambiental si se toma en cuenta que las concentraciones están expresadas en base seca del material sólido, sin embargo dado que en nuestro país no existen normativas que indiquen cuáles son los parámetros para medir ni cuáles son los rangos y límites permisibles sobre la disposición de lodos provenientes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, pero las autoridades encargadas (MARENA) están trabajando en una “Norma Técnica Ambiental para el Manejo de Lodos Provenientes de los Sistemas de

Tratamiento de Aguas Residuales y Plantas Potabilizadores”, tomamos como límites máximos los dispuestos por la normativa de la Comunidad Económica Europea (CEE) y de la Agencia de Protección Ambiental (EPA, Environmental Protection Agency) para comparar los datos:

Tabla 6.6. Comparación de los resultados del análisis de los lodos de la planta de tratamiento de aguas residuales de la empresa Nien Hsing Garment (Managua), S.A. con los rangos establecidos por la C.E.E. y la E.P.A.

ELEMENTO	ANÁLISIS DE MUESTRA		NORMAS DE REFERENCIA	
	UNIDAD	RESULTADO	C.E.E.	E.P.A.
pH	gr/kg	6.85	6.8 – 10.3	6.5 - 8
DQO	gr/kg	286.4		
DBO ₅	%	8.1		
Sólidos totales	%	36		59 -88
Humedad	mg/kg	63.9	50 - 87	
Zinc total *	mg/kg	38.0	2,155	3,483
Cromo hexavalente	mg/kg	2.0		
Cromo total *	mg/kg	2.0		1,800
Sulfuros	mg/kg	8.2		
Sulfito	mg/kg	< 2.0		
Grasas y aceites	mg/kg	23.1		

Se puede observar que ninguno de los resultados de los análisis excede los límites aceptables para la descarga del lodo en relleno sanitario, con respecto a la normativa más estricta de Europa (CEE) y la de Estados Unidos (EPA).

En cuanto a la disposición final de lodo en un **relleno sanitario municipal**, el borrador de la Norma, que MARENA esta elaborando actualmente, define un mínimo contenido de sólidos mayor de 20% (“Norma Técnica Ambiental para el Manejo de Lodos Provenientes de los Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales y Plantas Potabilizadores”).

Esta definición de los 20% hay que ser crítico. En Alemania se llevó a cabo investigaciones extensivas en cuanto a las características requeridas para garantizar la disposición sin problemas de lodo en conjunto con desechos sólidos en rellenos sanitarios municipales. Resultaron las siguientes conclusiones y requerimientos mínimos (ATV Handbuch “Klärschlamm”, 1996):

- ❖ Para garantizar que la mezcla de lodo y desechos sólidos estén estables en términos geomecánicos, y para que se pueda trabajar sin problemas con compactadores y maquinaria pesada en el relleno, se requiere como mínimo las siguientes características de los lodos deshidratados: Sólidos totales $\geq 35\%$.

Los lechos, eras o canchas de secado son el método de deshidratación de lodo más empleado. Los lechos de secado se suelen utilizar, normalmente, para la deshidratación de lodos digeridos. Una vez seco, el lodo se retira y se evacúa a vertederos controlados o se utiliza como acondicionador de suelos.

Las principales ventajas son su bajo costo, el escaso mantenimiento que precisan, y el elevado contenido en sólidos del producto final.

Existen varios tipos de lechos de secado: (1) convencionales con arena, (2) pavimentados, (3) de medio artificial, (4) por vacío. Sin embargo, la aplicación de los tipos (2), (3) y (4) han sido limitados en la práctica.

Recomendamos el uso de lechos de secado convencionales con arena al fondo, el sistema más empleado en países tropicales para la deshidratación de lodos.

Los lechos o eras de secado están constituidos por una capa de material drenante, dividida en compartimentos y sobre la que se vierte el fango en espesadores de 20-30 cm como máximo, con un cierto espesor adicional para compensar las pérdidas que se puedan producir durante las operaciones de limpieza. Los lechos de arena de mayores espesores ralentizan el proceso de drenaje. La capa de material drenante debe estar constituida por una capa de arena de unos 10 cm de espesor, dispuesta sobre una capa soporte de grava de 20 cm. La arena no debe tener un coeficiente de uniformidad superior a 4,0 y debe tener un tamaño efectivo de grano comprendido entre 0,3 y 0,75 mm.

La superficie de secado se divide en canchas individuales de aproximadamente 6 m de ancho por 30 m de longitud o de dimensiones de tal forma que se llene cada una de ellas con la normal extracción de fangos digeridos correspondientes a dos días. Las separaciones interiores suelen consistir en dos o tres tablonces grandes, y están colocadas una encima de la otra, hasta una altura de 380 a 460 mm, apoyadas en las ranuras de unos postes de hormigón prefabricados. Las paredes perimetrales pueden ser de igual

construcción, o bien ser terraplenes de tierra en el caso de canchas descubiertas, pero convendrá que los muros de la cimentación sean de hormigón caso de que las canchas sean cubiertas.

El secado de los fangos en las eras se logra mediante drenaje (filtración) y evaporación:

En una primera fase, el agua abandona el fango por **filtración** a través de la arena, favoreciendo el desprendimiento de los gases ocluidos y disueltos, que tienden a hacer flotar los sólidos. Esta fase puede durar las 12-18 primeras horas, en el caso de fangos urbanos. En ella se obtiene una suspensión fangosa de hasta el 20% de sequedad.

La segunda fase de evaporación es más lenta, y produce una disminución de la capa de fangos, agrietando la superficie y favoreciendo la evaporación de las capas inferiores, al ser las grietas cada vez más profundas. Al final de esta fase el fango tendrá una consistencia tal que le permitirá ser paleable. La sequedad obtenida podrá llegar a ser de hasta un 40%.

La extracción del fango es normalmente manual, vertiendo el fango en carretillas o cintas transportadoras, que lo conducen fuera de las eras para ser almacenados o cargados sobre camión. Con la retirada del fango también se elimina algo de arena de la capa drenante al quedar adherida a la torta lo que obligará, cada cierto tiempo, a reponer la arena.

El único gran inconveniente de las eras de arena es que no se pueden usar equipos pesados, porque el peso podría estropear el sistema de drenaje subterráneo. Otros inconvenientes son que la acción de rastrillado puede mezclar la arena con la grava y que en la retirada de fango seco se recoge parte de la arena, lo que obliga a reponerla cada cierto tiempo. Pueden colocarse pequeñas tablas sobre la arena para carretillas, y depositar la torta de fangos en ellas para trasladarla al lugar de evacuación. La torta de fango seco tiene normalmente un espesor de 7 a 15 cm y no es pesada a no ser que vaya con el fango una gran cantidad de material inorgánico sedimentable.

6.4. Valoración de los residuos (Materiales Reciclables).

6.4.1. Papel y cartón

El consumo del papel en nuestra cultura es tan cotidiano que olvidamos que para fabricar una tonelada de papel se necesita consumir aproximadamente 200,000 litros, 7,000 KW/h de energía y 2,400 Kg de madera.

A partir de la madera, y tras complicados procesos, se obtiene la pasta de la celulosa. Hoy en día, la industria papelera emplea básicamente como materia prima, la pasta celulosa y el papel recuperado; si bien en los últimos años, debido a una mayor concientización y el aumento del precio de la madera, se ha optado por aumentar la proporción de papel recuperado y disminuir el uso de pastas vírgenes.

Se estima que el 8% del papel consumido es recuperable. Según esto, la importancia que tiene la potenciación de la recogida de papel y cartón usados, así como las ventajas que esto puede reportar son varias.

- ❖ Ahorro de los recursos naturales: forestales, energéticos e hidráulicos.
- ❖ Reutilización de valiosa materia prima.
- ❖ Disminución del volumen en los vertederos.

Existen empresas que compran el papel a un precio aproximado de C\$ 1 córdoba la libra, siempre y cuando no estén contaminados (LA PRENSA).

6.4.2. Aluminio

Es dentro de los metales no ferrosos el más utilizado debido a sus inmejorables características. El aluminio se está imponiendo como envases de aluminio.

La recuperación del aluminio es una actividad dirigida en su mayor parte al reciclado, ya que el envase usado es debidamente tratado para producir nuevos envases. Esta actividad no presenta problemas técnicos y resulta rentable la producción de aluminio secundario debido al ahorro de energía alrededor del 95 %.

Existen empresas en Nicaragua que compran este producto de 4 a 6 córdobas la libra. Por ejemplo la Empresa Nacional Recicladora.

6.4.3. Plásticos

En principio, los residuos plásticos son químicamente inertes y no producen contaminación, sin embargo su abandono produce un gran impacto visual y paisajísticos. Además la incineración incontrolada de los mismos da lugar a episodios de contaminación atmosférica con producción de gases tóxicos.

6.4.4. Textil

En algunos países se han aprobado leyes para obligar a la identificación del contenido de fibras, independientemente de la calidad del tejido. En los tejidos de punto hay que indicar el porcentaje de fibras de lana, y la etiqueta debe indicar si se trata de lana virgen (aquella que nunca ha sido procesada), reprocesada (lana recuperada del procesado de lana virgen) o reutilizado (recuperado de productos de lana usados).

6.5. Manejo de los residuos sólidos

A continuación se analizan detalladamente los aspectos Operativos del sistema actual de manejo de residuos sólidos.

6.5.1. Aspectos Operativos

6.5.1.1. Generación

Según las proyecciones realizadas por cada tipo de residuo, podemos determinar que la empresa Nien Hsing genera una cantidad promedio de 2,687.04 toneladas por año. En la tabla 4.3.1 podemos ver los resultados de las proyecciones.

Tabla 6.7. Proyecciones de residuos sólidos en la empresa Nien Hsing.

TIPOS Y PROYECCIONES DE RESIDUOS SÓLIDOS QUE SE GENERAN EN NIEN HSING GARMENT (MANAGUA), S.A. (TONELADAS)			
TIPOS DE RESIDUOS	CANTIDAD PROMEDIO POR DIA (TON)	CANTIDAD PROMEDIO MENSUAL (TON)	CANTIDAD PROMEDIO ANUAL (TON)
PAPEL Y CARTÓN			
Papel	0.07	2.1	25.2
Cartón	0.23	6.9	82.8
Papel higiénico	0.007	0.21	2.52
TEJIDOS			
Denim	0.73	21.9	262.8
T- C Pocketing	0.03	0.9	10.8
LODOS, POLVILLO Y ARENA			
Lodos procedentes de aguas residuales	18	144	1,728
Polvillo azulado	1.36	40.8	489.6
Arenilla de piedra poma	0.037	1.11	13.32
MATERIA ORGÁNICA E INÓRGANICA			
Restos de comida	0.053	1.59	19.08
Aluminio	0.014	0.42	5.04
Madera	0.037	1.11	13.32
PLÁSTICOS			
PET/1 (Botellas)	0.043	0.13	1.56
PSE6 (Poroplast)	0.015	0.45	5.4
PP/5 (tapones y conos)	0.0061	0.18	2.16
PE-BD/4 (bolsas de colores)	0.027	0.81	9.72
PP1 (plástico grueso)	0.024	0.72	8.64
Bolsas de galletas, dulces, etc.	0.0025	0.08	0.96
OTROS	0.017	0.51	6.12
TOTAL	20.664	223.92	2,687.04

En la tabla 6.7. observamos que la empresa genera aproximadamente 223.92 toneladas por mes y 2,687.04 por año.

El destino de los residuos generados en la empresa se expresa en la **Tabla 6.8.**

Tabla 6.8. Destino de los residuos sólidos en la empresa Nien Hsing Garment.

TIPOS DE RESIDUOS	COMERCIALIZACIÓN	INCINERACIÓN	SITIO DE DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS	RELLENO SANITARIO O DONACIÓN
PAPEL Y CARTÓN				
Papel				
Cartón				
Papel higiénico				
TEJIDOS				
Denim				
T- C Pocketing				
LODOS, POLVILLO Y ARENA				
Lodos procedentes de aguas residuales				
Polvillo azulado				
Arenilla de piedra poma				
MATERIA ORGÁNICA E INÓRGANICA				
Restos de comida				
Aluminio				
Madera				
PLÁSTICOS				
PET/1 (Botellas)				
PSE6 (Poroplast)				
PP/5 (tapones y conos)				
PE-BD/4 (bolsas de colores)				
PP1 (plástico grueso)				
Bolsas de galletas, dulces, etc.				
OTROS				

6.5.1.2 Almacenamiento temporal

Dentro de la empresa se utilizan diferentes tipos de recipientes para el almacenamiento temporal de los residuos sólidos, incluyendo papeleras, sacos de tela, sacos de nylon (macén), barriles con tapaderas y tinas de plástico resistente. Las papeleras se encuentran en oficinas e inodoro, generalmente son plásticas y cuentan con tapadera. Los sacos de tela son utilizados para el almacenamiento de los residuos que

se generan del área de producción lineal. Las tinas de plástico (3) son utilizadas en el área de producción de corte.

En el exterior de la empresa existen 12 barriles cada uno con sus respectivas tapaderas, generalmente todos estos residuos son trasladados a la estación de transferencia además de los papeles higiénicos. Con respecto al lodo son almacenados en sacos de nylon (macén), los cuales después del secado son trasladados al local debidamente autorizado.

6.5.1.3 Separación

Generalmente los residuos sólidos en la empresa no son separados desde la fuente todos se depositan en los mismos recipientes, disminuyendo su valor económico y dificultando su aprovechamiento. Los únicos residuos que se separan son los del comedor (utilizados para alimentar animales), zinc (usados por los trabajadores para reparar sus viviendas) y el plástico PP1 (acción que realizan los trabajadores de calderas, lo acumulan para posteriormente comercializarlo).

El hecho de que exista disposición para separar los residuos por parte de la empresa significa que mediante la implementación de un plan integral de manejo de residuos sólidos se puede lograr el aprovechamiento de los mismos.

6.5.1.4. Recolección y transporte

La recolección y transporte de los residuos sólidos en la empresa es realizada por el personal de limpieza conformado por 35 personas. El transporte se realiza utilizando estantes corredizos de hierro, existen dos tipos una donde colocan sacos de tela y la otra las tinas plásticas con capacidad de 1 m³. Una vez que los sacos y las tinas plásticas alcanzan su capacidad son depositados en la estación de transferencia.

El proceso de recolección de los residuos almacenados en recipientes externos es realizado por 4 personas dos veces por día: por la mañana y por la tarde.

La recolección se realiza con una ruta determinada empíricamente a través del tiempo por los mismos recolectores.

La recolección de los residuos sólidos almacenados en recipientes externos finaliza con el trasiego de los residuos hacia el contenedor.

6.5.1.5. Estación de transferencia

La estación de transferencia de la empresa consta de varias tinas plásticas de capacidad 1 m³. En estas tinas se depositan los residuos los cuales son transportados por el camión de la corporación, la que ofrece el servicio de traslado dos veces por semana.

Las tinas están ubicadas en la parte norte y sur de la empresa. A pesar de que el sitio es adecuado con relación a la dirección del viento, éste debería ubicarse en un lugar poco visible.

Este lugar de ubicación se mantiene sucio debido al incumplimiento del horario de recolección del camión recolector que no llega los días indicados (dos veces por semana) lo que provoca la acumulación de residuos y la caída de los mismos.



Foto 6: Estación de transferencia, exceso de residuos

Es importante mencionar que el camión de la corporación no siempre llega los días acordados (lunes y jueves), generando suciedad y condiciones insalubres en la estación de transferencia por el desborde y putrefacción de los residuos. También se debe señalar que los residuos de las tinas en la estación de transferencia no son cubiertos con una carpa, lo que provoca que estos se caigan.

Los lodos provenientes de la planta de tratamiento de agua residuales son transportados por un vehículo particular contratado por la empresa directamente al botadero municipal.



Foto 7: Transporte de lodos

6.5.1.6. Tratamiento

La empresa realiza un tratamiento térmico que consiste en la incineración de los retazos de tela, papel, cartón y madera.



Foto 8: Incineración de residuos sólidos

6.5.1.7. Disposición final

La disposición final de la gran mayoría de los residuos generados en la empresa se da en el botadero semi-controlado Acahualinca, también conocido como La Chureca. Este botadero municipal a cielo abierto tiene un área aproximada de 40 hectáreas y se encuentra ubicado en las orillas del Lago Xolotlán o Lago Managua, el segundo más grande de Nicaragua (1.025 km²). La disposición final de los residuos sólidos de la empresa Nien Hsing no es adecuada, ya que la mayoría podría ser aprovechada, en lugar de contribuir con la contaminación del suelo del botadero Acahualinca y del Lago Xolotlán.



Foto 9: Disposición final de los residuos sólidos

7. PLAN DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS PARA LA EMPRESA NIEN HSING GARMENT (MANAGUA), S.A. (PIMARS) (2007-2009)



7.1. PRESENTACIÓN

Según el MARENA, actualmente en el país se produce alrededor de 3,500 toneladas de residuos sólidos por día, 75% de las cuales proviene de áreas urbanas. El manejo inadecuado de estos residuos genera condiciones higiénico-sanitarias deficientes, inundaciones en las zonas bajas de las ciudades y contaminación ambiental en los sitios de disposición final.

Es cada vez más creciente la preocupación mundial por la protección de la salud y el ambiente. Sin embargo, muchas veces en nuestras ciudades no se suele dar la debida importancia al hecho de mantener limpia las ciudades, o frecuentemente las personas e instituciones no se logran poner de acuerdo sobre la mejor forma de resolver los problemas de sistema de gestión de residuos sólidos, que debe ser integrado como una herramienta para el desarrollo local, es decir, debemos ir gradualmente enfocando la gestión ambiental de residuos sólidos, también como una oportunidad de generación de ingresos y empleo.

La empresa Nien Hsing Garment (Managua), S.A., produce en promedio 20.68 toneladas por día, siendo los lodos procedentes de la planta de tratamiento de aguas residuales el que aporta mayor porcentaje (81.8 %).

Dentro de los residuos que se generan de las instalaciones podemos mencionar: papel y cartón, madera, PET (botellas), PSEG (Poroplast), retazos de tejidos, aluminio, restos de cocina, entre otros.

Cabe señalar que la organización no considera los residuos como un problema sino como una oportunidad, específicamente con los retazos de tejidos (algodón), papel y madera, porque éstos son utilizados como combustible que hacen funcionar las dos calderas que abastecen de vapor al área de lavandería y plancha, lo cual representa un ahorro de aproximadamente \$ 450,000 anuales para la empresa.

Dentro del Parque Industrial Las Mercedes son pocas las empresas que tienen incineradores, por lo que la empresa solicita a éstas las mermas de telas, para garantizar siempre combustible.

Los residuos orgánicos (restos de cocina) son aprovechados por los empleados como alimentos de animales caseros, el resto de los desechos son enviados a su disposición final. Es importante recalcar que dentro de estos desechos se encuentran cantidades significativas de cartón y plásticos con potencial de reciclaje, sin embargo por no ser separados desde la fuente, pierde su valor, pudiendo ser aprovechados, reduciendo así mismo el volumen de desechos destinados a Acahualinca.

El Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, a través de la Política Nacional sobre Gestión Integral de los Residuos Sólidos, pretende dar solución a esta problemática en las distintas esferas del país.

Con la finalidad de acercarse a su manejo integral en los diferentes sectores de la economía nicaragüense, la Política Nacional establece como condición básica la estructuración de Planes Sectoriales de Manejo Integral de Residuos Sólidos en el corto y mediano plazo.

El presente Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos aborda brevemente las debilidades del sistema actual de manejo, resultado de un proceso de diagnóstico de los residuos generados y su manejo. Además plantea las oportunidades más relevantes con que cuenta su misma ejecución. En el documento también se determinan los alcances y objetivos del Plan, así como sus lineamientos estratégicos y las alternativas de manejo integral de los residuos sólidos. Igualmente, en el Plan de Acción del PIMARS se señalan las actividades a desarrollar para cumplir con los objetivos establecidos, asignando responsables, plazos y recursos necesarios para cada acción.

Con la ejecución de este plan se espera lograr el manejo integral de los residuos sólidos en la empresa, sentando un ejemplo para otras organizaciones y contribuyendo así con la solución de esta problemática nacional.

7.2. Debilidades del Manejo Actual de los Residuos Sólidos y Oportunidades del PIMARS-Nien Hsing

7.2.1. Debilidades

Dentro de los principales aspectos negativos del manejo actual de los residuos sólidos podemos mencionar las deficiencias técnico-operativas referidas a las condiciones higiénico-sanitarias de los trabajadores, el sistema de almacenamiento y recolección de los residuos sólidos, el aprovechamiento de los mismos, la estación de transferencia, y la separación. A continuación se definen explican a grandes rasgos las deficiencias identificadas:

- * No se separan los residuos sólidos desde la fuente, lo que genera una pérdida del valor de los residuos con potencial de reciclaje.



Foto 1: Estación de transferencia, no se separan los residuos

- * Los trabajadores que manipulan lodos no cuentan con las condiciones higiénico-sanitarias adecuadas para este tipo de trabajo que realizan: no utilizan equipos de protección personal y carecen de productos básicos para higiene.
- * El proceso de secado de lodos es inadecuado, lo que representa una problemática tanto en los alrededores de la empresa como en el sitio de disposición final. La empresa utiliza sacos de nylon (macen) para depositar los lodos que se extraen de las pilas, éstos son colocados en polines para trasladarlos en los alrededores de la empresa para que se sequen.



Foto 2: Secado lodos



Foto 3: Extracción de lodo, pilas



Foto 4: Lodo en sacos de nylon, directo a disposición final

* La mayor parte de los restos de comida son utilizados por los empleados de la empresa para alimentación de animales domésticos, sin embargo los que no se recogen generan malos olores en los recipientes y condiciones insalubres en la Estación de Transferencia.

- * No se comercializan los residuos orgánicos e inorgánicos reciclables, lo que impide la generación de beneficios económicos adicionales e incrementa el volumen de los residuos.



Foto 5: Residuos sólidos reciclables sin aprovechamiento

- * Los recipientes de almacenamiento en la estación de transferencia son muy pequeños, en comparación a la cantidad promedio por día que se genera, además el camión que transporta los desechos a su disposición final lo hace dos veces por semana (Lunes y jueves), lo que significa los desechos son almacenados por dos días.



Foto 6: Contenedores excedidos de residuos sólidos

7.2.2. Oportunidades

Dentro de los factores externos que puedan facilitar el desarrollo y mantenimiento del Plan Integral del Manejo de Residuos Sólidos, las de mayores relevancias son:

- * La existencia de empresas recicladoras que apoyan la separación de residuos sólidos.
- * Creciente mercado de empresas de reciclaje de papel, cartón, plástico y aluminio.
- * El surgimiento de una Política Nacional sobre Gestión Integral de Residuos Sólidos, que sienta las bases para la elaboración de Planes Sectoriales de Gestión Integral de Residuos.
- * La realización de este plan funcionará como modelo para implementarlo en empresas que desarrollan actividades similares dentro o fuera del Parque Industrial las Mercedes.

7.3. Alcances del PIMARS- Nien Hsing

7.3.1 Área Geográfica

El área geográfica que abarca el Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos comprende las instalaciones de la empresa Nien Hsing Garment (Managua), S.A. ubicada en el Parque Industrial Las Mercedes, Km. 12 ½ carretera norte, módulo 7 y 8, abarcando un área de 31,421.84 m².

7.3.2. Período de Planificación

El plan comprende un período de planificación de 2 años, seccionado de la siguiente manera:

Corto Plazo: Inicio – mes 3
Mediano Plazo: mes 4 – mes 11
Largo Plazo: mes 12 – mes 24

7.3.3 Tipos de residuos sólidos a considerar

El plan incluye todos los residuos sólidos generados dentro de la organización, tales como los que salen de oficinas, áreas de producción de corte, planta de tratamiento de aguas residuales, comedor, entre otros.

7.3.4 Población meta

El plan engloba a todos los empleados de la empresa Nien Hsing Garment (Managua), S.A.

7.4. OBJETIVOS DEL PIMARS

- 1)** Disminuir el impacto ambiental de los residuos sólidos y generar beneficios económicos a la organización.
- 2)** Optimizar el aprovechamiento de los recursos fomentando la separación en la fuente, el reuso y el reciclado de los diversos componentes de los residuos.
- 3)** Proteger la salud de los empleados vinculados directa e indirectamente con el manejo de los residuos sólidos.
- 4)** Facilitar a los entes reguladores un mejor control del desempeño ambiental de la empresa.

7.5. Alternativas de Manejo Integral de Residuos Sólidos

A continuación se presentan las alternativas identificadas para cumplir con los objetivos del Plan.

- ❖ Mejorar las condiciones higiénico-sanitarias de los trabajadores ligados a la recolección de los residuos sólidos.
- ❖ Acondicionar la estación de transferencia de residuos sólidos, el que debe construirse con piso impermeabilizado y techo.
- ❖ Separar los residuos desde la fuente.
- ❖ Comercializar los residuos sólidos inorgánicos aprovechables para su posterior reciclaje.
- ❖ Mejorar el proceso de secado de lodos en la empresa, al utilizar lechos de secado.

NIEN HSING	PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS				CÓDIGO:
					Fecha:
PROGRAMA DE SALUD E HIGIENE LABORAL					Revisión:
					Revisar:
Programa:	1/5				
OBJETIVO	Mejorar las condiciones higiénico-sanitarias de los trabajadores involucrados con la recolección de los residuos sólidos,				
Meta 1:	Brindar condiciones de Infraestructura y de equipos de protección a los trabajadores.				
Meta 2:	Brindar 20 horas hombres de capacitación al 100 % de los trabajadores involucrados con la recolección de los Residuos Sólidos Nota: La persona que impartirá las capacitaciones será quien determine la cantidad de horas por capacitación.				
Indicador 1:	Servicios mejorados y el Uso de equipos de protección por los trabajadores.				
Indicador 2:	(Cantidad de horas de capacitaciones) x (cantidad de empleados involucrados) /año = horas hombres por año.				
Nº	Acción	Plazo	Responsable	Recursos Necesarios*	Comentarios
1	Acondicionar los servicios higiénicos de los empleados	Junio 2007	Jefe de Servicios Generales		
2	Proveer productos básicos de higiene al personal que manipula lodos y recolección de los RS en general.	Junio 2007	Dirección de Recursos Humanos		Proporcionar los productos básicos semanalmente
3	Suministrar los equipos de protección personal necesarios y normar su uso a los trabajadores que manipulan residuos sólidos.	Julio 2007	Dirección de Recursos Humanos		Proporcionar los EPP siempre, no solo cuando hay inspecciones.
4	Brindar capacitaciones sobre la manipulación adecuada de los residuos sólidos al personal relacionado con su recolección.	Agosto 2007	Jefe de Servicios Generales		

* En caso de los recursos necesarios serán establecidos por el responsable de cada acción.

NIEN HSING	PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS					CÓDIGO:
						Fecha:
	PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE ESTACIÓN DE TRANSFERENCIA					Revisión:
Revisar:						
Programa: 2/5						
OBJETIVO	Acondicionar la estación de transferencia en términos de higiene y estructura.					
Meta 1:	Evitar la descomposición física rápida de los residuos sólidos.					
Meta 2:	Mantener el orden y la limpieza de la estación de transferencia					
Indicador :	No se establecen indicadores numéricos ya que las metas no pueden ser medidas, su verificación es subjetiva.					
Nº	Acción	Plazo	Responsable	Recursos Necesarios	Comentarios	
1	Asegurar que la frecuencia de traslado de los residuos no sea mayor de 2 días	Septiembre 2007	Gestor ambiental			
2	Supervisar que los contenedores se proporcionen limpios y en buen estado	Septiembre 2007	Jefe de Servicios Generales		Lavar los contenedores después que los RS son llevados a la disposición final	
3	Techar toda el área de la estación de transferencia	Octubre 2007	Jefe de Servicios Generales			
4	Impermeabilizar el piso de la estación de transferencia.	Noviembre 2007	Jefe de Servicios Generales			
5	Distribuir los contenedores por tipos desechos en la estación de transferencia	Diciembre 2007	Jefe de Servicios Generales			

NIEN HSING	PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS					CÓDIGO:
						Fecha:
	Revisión:					
	PROGRAMA DE SEPARACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS					Revisar:
Programa: 3/5						
OBJETIVO	Separar los residuos aprovechables de los no aprovechables desde la fuente.					
Meta 1:	Separar al menos un 75% de los residuos orgánicos después de iniciado el PIMARS.					
Meta 2:	Separar al menos un 75% de los residuos inorgánicos después de iniciado el PIMARS.					
Indicador 1:	Orden y aprovechamiento al máximo de los residuos generados en la empresa					
Indicador 2:	(Registros de residuos orgánicos acopiado) / (Valores de producción de residuos orgánicos del diagnóstico) x 100					
Indicador 3:	(Registros de residuos inorgánicos acopiado) / (Valores de producción de residuos inorgánicos del diagnóstico) x 100					
Nº	Acción	Plazo	Responsable	Recursos Necesarios	Comentarios	
1	Brindar charlas a todos los empleados de la importancia y beneficios que trae consigo la separación de los residuos sólidos	Enero 2008	Jefe de Servicios Generales		Esta actividad puede ser ejecutada con apoyo del Departamento de Educación Ambiental, adscrito a la Dirección General de Medio Ambiente de la ALMA.	
2	Diseñar y colocar recipientes diferenciados y adecuados para la separación de los residuos sólidos.	Febrero 2008	Jefe de Servicios Generales		Los recipientes deben ser rotulados Ej. PAPEL.	
3	Iniciar la separación de los residuos sólidos orgánicos e inorgánicos.	Febrero 2008	Jefe de Servicios Generales			
4	Dar limpieza y mantenimiento periódico a los recipientes.	Marzo 2008	Jefe de Servicios Generales			
5	Divulgar los avances del Plan de Manejo de los Residuos Sólidos referidos a la separación y Almacenamiento.	Marzo 2008	Gestor ambiental			

NIEN HSING	PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS				CÓDIGO:
					Fecha:
PROGRAMA DE APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS E INORGÁNICOS					Revisión:
					Revisar: Programa:4/5
OBJETIVO	Aprovechar los residuos sólidos inorgánicos.				
Meta 1:	Comercializar al menos un 75 % de los residuos sólidos inorgánicos				
Meta 2:	Comercializar al menos un 75 % de los residuos sólidos orgánicos				
Indicador 1 :	(Registros de residuos inorgánicos vendidos) / (Valores de producción de residuos inorgánicos del diagnósticos)*100				
Indicador 2 :	(Registros de residuos orgánicos vendidos) / (Valores de producción de residuos orgánicos del diagnósticos)*100				
Nº	Acción	Plazo	Responsable	Recursos Necesarios	Comentarios
1	Identificar el lugar apropiado para el acopio de los residuos inorgánicos	Abril 2008	Jefe de Servicios Generales		
2	Adecuar el almacenamiento temporal de los residuos orgánicos e inorgánicos reciclables	Abril 2008	Jefe de Servicios Generales		
3	Establecer acuerdos de venta con los compradores de residuos inorgánicos	Mayo 2008	Jefe de Servicios Generales		
4	Almacenar los residuos orgánicos e inorgánicos a comercializarse	Mayo 2008	Jefe de Servicios Generales		
5	Vender los residuos orgánicos e inorgánicos almacenados a los distintos compradores	Mayo 2008	Jefe de Servicios Generales		
6	Llevar registros de la cantidad y precio de los residuos orgánicos e inorgánicos vendidos.	Mayo 2008	Jefe de Servicios Generales		

NIEN HSING	PLAN INTEGRAL DE MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS				CÓDIGO:
					Fecha:
PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE SECADO DE LODOS					Revisión:
					Revisar:
PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE SECADO DE LODOS	Programa: 5/5				
OBJETIVO	Mejorar el proceso de secado de lodos				
Meta 1:	Lograr que el lodo este completamente seco para evitar su derrame durante el transporte a su disposición final				
Indicador 1 :	No se establecen indicadores numéricos ya que las metas no pueden ser medidas, su verificación es subjetiva.				
Nº	Acción	Plazo	Responsable	Recursos Necesarios	Comentarios
1	Ubicar el sitio para la construcción del lecho de secado de los lodos	Junio 2008	Gestor ambiental		
2	Construcción de la infraestructura dirigida al secado de los lodos	Julio – Septiembre 2008	Gestor ambiental		
3	Desarrollar el plan de manejo de lodo a lo interno de la empresa	Octubre 2008 – Mayo 2009	Gestor ambiental		
4	Capacitar al personal encargado de la manipulación de lodos	Junio 2009	Gestor ambiental		

7.6. ESTRATEGIA DE IMPLEMENTACIÓN.

La implementación del Plan de Manejo está orientada a definir y organizar el trabajo de las partes vinculadas con el manejo de los residuos sólidos en la empresa Nien Hsing Garment (Managua), S.A., así como promover la participación activa de todos los empleados en el manejo integral de los residuos sólidos.

Para la puesta en marcha del Plan, los responsables de cada acción deberán determinar los costos y plazos para la ejecución.

Se debe priorizar la implementación de las acciones para las cuales la empresa cuenta con recursos humanos y económicos, sin olvidar que algunas acciones no tienen efecto sin previas capacitaciones.

Para obtener los resultados deseados, debe existir una buena coordinación entre el gestor ambiental y los responsables de cada acción, así como la disposición de los involucrados.

7.7. EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO

La evaluación y el seguimiento de los avances del Plan de Acción serán responsabilidad del Gestor ambiental de la empresa en coordinación con el Jefe de Servicios Generales.

Por medio de reuniones periódicas con los diferentes actores, el Gestor Ambiental deberá asegurar el cumplimiento de las metas planteadas en cada sub-programa, basándose en los indicadores estipulados. Además, verificará el cumplimiento de los plazos establecidos para la ejecución de cada acción.

Será necesaria la realización de reuniones trimestrales en las que se evalúe el cumplimiento de los objetivos de cada sub-programa y su correspondencia con las metas e indicadores correspondientes. Como resultado de esta evaluación, se deben establecer las medidas correctivas necesarias para alcanzar los objetivos del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos, procurando el mejoramiento continuo del mismo.

Los avances y ajustes del Plan de Acción deberán ser plasmados en un informe anual, para obtener un mejor control y determinar las fallas para mejorarlas en el año próximo.

Las instancias responsables de la operatividad del plan deberán elaborar y divulgar un informe anual de los avances, así como la problemática presentada en su implementación.

7.8. ACTUALIZACIÓN PERIÓDICA DEL PLAN DE MANEJO

Con el fin de realizar una revisión periódica del grado de avance del Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos, se hace necesario un análisis de los logros obtenidos, el ajuste de la planificación y la posible extensión del horizonte temporal para algunas acciones.

La efectividad del plan dependerá del dinamismo de las gestiones de todos los actores involucrados y del éxito en la implementación de las acciones.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo a los datos obtenidos se determinó que la Empresa Textilera Nien Hsing Garment (Managua), S. A. genera residuos como el plástico, papel, cartón, retazos de tela, aluminio, madera, residuos de comida, polvillo azulado, arenilla de piedra poma y lodos procedentes de aguas residuales. Estos residuos sólidos generados no se separan, disminuyendo su valor y dificultando su aprovechamiento. Algunos son incinerados como el papel y retazos de tela para producir y ahorrar energía, otros son aprovechados por los mismos trabajadores como laminas de zinc desechadas (para reparación de sus casas) y los residuos de comida (para alimentos de animales), el resto de los desechos pasan a disposición final en el botadero municipal como el lodo.

En términos de masa, los lodos, el polvillo azulado y los retazos de telas representan el 96.32% de los residuos y con respecto al volumen los lodos, los retazos de tela, el papel y el cartón constituyen el 92%.

El aprovechamiento es una buena opción para mejorar el manejo de los residuos sólidos en la empresa, ya que el 8.2% de la masa y el 37.92% del volumen total de residuos generados pueden ser aprovechados mediante reciclaje u otros beneficios.

La estación de transferencia de la empresa no presta las condiciones adecuadas de higiene, seguridad y capacidad debido a la acumulación de la basura que genera suciedad y putrefacción, así mismo las condiciones laborales de los trabajadores ligados con el manejo de los residuos sólidos (lodo) son deficientes por que no utilizan los equipos de protección personal.

El proceso de secado del lodo no es el apropiado por que el método utilizado no permite que el agua azulada (contaminada) se destile totalmente de los lodos que se transportan a su disposición final.

El Plan Integral de Manejo de Residuos Sólidos propuesto pretende reducir la generación de los residuos y aprovechar al máximo cada uno de ellos para brindar un manejo ambientalmente adecuado que nos permita asegurar que las metas planteadas en cada programa se estén cumpliendo, del mismo modo verificar el cumplimiento de los plazos establecidos para cada acción, esto bajo responsabilidad del Gestor Ambiental y el Responsable de Servicios Generales con el fin de controlar los grandes impactos ambientales que se pueden generar sobre la salud pública y los recursos naturales.

9. RECOMENDACIONES

- ❖ La empresa Nien Hsing Garment (Managua), S. A. deberá disponer de los recursos económicos para lograr la implementación del Plan propuesto.
- ❖ Se debe reducir el volumen generado de residuos sólidos no aprovechables e iniciar la separación y aprovechamiento del resto de los residuos mediante la comercialización.
- ❖ Mejorar las condiciones laborales de los trabajadores ligados con el manejo de los residuos sólidos, asegurando el cumplimiento del Código Laboral.
- ❖ Proporcionar siempre los equipos de protección personal a todos los empleados vinculados con el manejo de residuos sólidos, no solo cuando hay inspección.
- ❖ La estación de transferencia debe estar debidamente techada protegiendo a los residuos del sol y la lluvia para evitar malos olores y la proliferación de enfermedades así mismo impermeabilizado el piso para evitar la filtración de lixiviados.
- ❖ Dividir en secciones la estación de transferencia para facilitar la clasificación de los residuos sólidos, debidamente rotulados.
- ❖ Utilizar filtros húmedos adecuados en los incineradores y hacer cambios de éstos siempre que sea necesario.
- ❖ Construir un lecho de secado con el fin de asegurar una mejor deshidratación del lodo.
- ❖ Invertir en la capacitación al personal de limpieza para garantizar una buena ejecución operativa en la separación de los residuos sólidos.

10. BIBLIOGRAFÍA

Banco Interamericano de Desarrollo/ Guía para Evaluación de Impacto Ambiental para Proyectos de Residuos Sólidos Municipales, Procedimientos Básicos. BID. 1997. 94 p.

Bases de la política nacional sobre gestión integral de los Residuos Sólidos (2004 - 2026), Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA).

BROWN, Doreen/ Guía para la Gestión del Manejo de Residuos Sólidos Municipales, Enfoque: Centroamérica.- San Salvador: PROARCA. 2003. 74 p.

Consejo Nacional del Ambiente/ Guía Metodológica para la Elaboración de Planes Integrales de Gestión Ambiental de Residuos Sólidos – Guía PIGARS.- Lima: CONAM. 2001. 117 p.

CORTINAS, Cristina/ Hacia un México sin Basura, Bases e Implicaciones de las Legislaciones sobre Residuos.- México D.F: Grupo Parlamentario del PVBM, Cámara de Diputados, LVIII Legislatura. 2001. 435 p.

CORTINAS, Cristina/ Manuales para Regular los Residuos Sólidos con Sentido Común, Manual 4, Guías para Facilitar la Interpretación de la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos.- México D.F: Grupo Parlamentario del PVBM, Cámara de Diputados, LVIII Legislatura. 2003. 179 p.

FLORES, Dante/ Guía Práctica N°2, Para el Aprovechamiento de Residuos Sólidos Orgánicos.- Quito: IPES. 2001. 60 p.

FLORES, Dante y VILLAFUENTE, Iris/ Guía Práctica N°1, Para la Realización de Estudios de Generación y Caracterización de Residuos Sólidos Domiciliarios en Ciudades.- Quito: IPES. 2003. 56 p.

LACAYO, Mauricio/ Manejo de Residuos Sólidos.- Managua: UCA. 2004. 150 p.

Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. - Nicaragua, La Gaceta - Diario Oficial, 1996.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales / Bases de la Política Nacional sobre Gestión Integral de los Residuos Sólidos. - Nicaragua, 2004.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales / Bases de la Política Nacional sobre Gestión Integral de los Residuos Sólidos. - Nicaragua, 2004.

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales / Política Nacional sobre Gestión Integral de los Residuos Sólidos. - Nicaragua, 2004.

Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 05 014- 02: Norma Técnica Ambiental para el Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Desechos Sólidos No-Peligrosos. - Nicaragua, La Gaceta - Diario Oficial, 2002.

Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense 05 015- 01: NTON para el Manejo y Eliminación de Residuos Sólidos Peligrosos. -Nicaragua, La Gaceta - Diario Oficial, 2002

SAKURAI, Kunitoshi. Método sencillo de análisis de residuos sólidos [en línea]. CEPIS/OPS. Disponible World Wide Web:

www.cepis.ops-oms.org/eswww/proyecto/repidisc/publica/hdt/hdt017.html#1701>

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales/ Minimización y Manejo Ambiental de los Residuos Sólidos.- México D.F: SERMANAT. 2001. 236 p.

Tchobanaglou George, Theisen Hilary, Vigil Samuel / Gestión Integral de Residuos Sólidos, McGraw-Hill 1998, volumen I.

ANEXOS