



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**MEJORA DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS SECCIONES
DE CONCRETOS, METALES Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, -USAC-**

Josue Ivan del Cid Alvarado

Asesorado por la Inga. Ericka Johanna Cano Díaz

Guatemala, mayo de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**MEJORA DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS SECCIONES
DE CONCRETOS, METALES Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, -USAC-**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSUE IVAN DEL CID ALVARADO
ASESORADO POR INGA. ERICKA JOHANNA CANO DÍAZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Karla María Lucas Guzmán
EXAMINADORA	Inga. Gladys Lorraine Carles Zamarripa
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**MEJORA DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS SECCIONES
DE METALES, CONCRETOS Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA DEL CENTRO DE
INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, -USAC-**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 01 de agosto de 2012.

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and lines, with a small 'M' visible on the right side.

Josue Ivan del Cid Alvarado

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



FACULTAD DE INGENIERÍA

Guatemala, 12 de septiembre de 2012

Ingeniero César Ernesto Urquizú Rodas
Director de Escuela Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Urquizú:

Atentamente me dirijo a usted para someter a consideración el trabajo de graduación con tema: **MEJORA DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS SECCIONES DE CONCRETOS, METALES Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, -USAC-** del estudiante Josue Ivan del Cid Alvarado quien se identifica con número de carné 2007-14388.

He asesorado y revisado el trabajo, y considero que llena satisfactoriamente los requisitos, por lo que recomiendo su aprobación

Sin otro particular me suscribo a usted

Atentamente



Inga. Ericka Johanna Cano Díaz

Colegiado 5813

Asesor

Ericka Johanna Cano Díaz
Ingeniera Industrial
Colegiado 5813

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.004.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **MEJORA DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS SECCIONES DE CONCRETOS, METALES Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, -USAC-**, presentado por el estudiante universitario **Josue Ivan del Cid Alvarado**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Aldo Estuardo García Morales
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Aldo Estuardo García Morales
Colegiado No. 2025

Guatemala, enero de 2013.

/mgp



REF.DIR.EMI.125.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de **MEJORA DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS SECCIONES DE CONCRETOS, METALES Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, -USAC-**, presentado por el estudiante universitario **Josue Ivan del Cid Alvarado**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2013.

/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **MEJORA DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS EN LAS SECCIONES DE CONCRETOS, METALES Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA, -USAC-**, presentado por el estudiante universitario: **Josué Ivan del Cid Alvarado**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
Decano



Guatemala, mayo de 2013

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por iluminarme con sabiduría y perseverancia para nunca desmayar y llenarme de su infinito amor y bendiciones.
- Mis padres** Matías del Cid y Ros María Alvarado, por ser mi mayor ejemplo a seguir, gracias por todas sus enseñanzas, consejos y valores. Gracias por apoyarme durante toda mi vida y ser mi motivación diaria
- Mis hermanas** Mariana y Catherine del Cid, por motivarme a seguir adelante y brindarme su amor incondicional durante toda mi vida.
- Mi novia** Angélica Duarte, por su apoyo, consejos y comprenderme en todo momento.
- Mis amigos** Por apoyarme sin importar las circunstancias.

AGRADECIMIENTOS A:

**Inga. Ericka Johanna
Cano Díaz**

Por asesorar y facilitar este trabajo de graduación y brindarme su apoyo como profesional, amiga y persona.

**Ing. Fredy Contreras,
Inga. Adela Marroquín,
Jessiel Enríquez,
Douglas Contreras**

Por brindarme su apoyo en la elaboración de este trabajo de graduación.

**Sección de Metales y
Productos
Manufacturados**

En especial al Ing. Pablo Christian de León Ramírez, por facilitar este trabajo de graduación.

Sección de Concretos

En especial a Marlon Omar Chajón Lutín, por facilitar este trabajo de graduación.

**Ing. Jaime Rolando
Rousselin**

Por darme la oportunidad de superarme como profesional y persona.

**Centro de
Investigaciones de
Ingeniería**

Por darme la oportunidad de realizar mi trabajo de graduación.

**Departamento de
Servicios Generales de
la Municipalidad de Villa
Nueva**

Por brindarme su apoyo y facilitar este trabajo
de graduación.

**Universidad de San
Carlos de Guatemala**

Mi alma máter.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XXI
OBJETIVOS.....	XXIII
INTRODUCCIÓN.....	XXV
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Reseña histórica del CII.....	1
1.2. Información general.....	2
1.2.1. Ubicación.....	2
1.2.2. Misión.....	3
1.2.3. Visión.....	3
1.2.4. Políticas.....	4
1.2.5. Objetivos.....	5
1.2.6. Funciones.....	6
1.3. Estructura organizacional.....	7
1.3.1. Organigrama.....	7
1.3.2. Competencias.....	9
1.3.3. Recurso humano.....	12
1.4. Descripción de las secciones del CII.....	12
1.4.1. Descripción de la Sección de Concretos, Aglomerantes y Morteros.....	13

1.4.2.	Descripción de la Sección de Metales y Productos Manufacturados.....	13
1.4.3.	Descripción de la Sección de Tecnología de la Madera.....	14
1.5.	Residuos sólidos.....	14
1.5.1.	Características generales.....	15
1.5.2.	Clasificación.....	15
1.5.2.1.	Por su composición.....	16
1.5.2.2.	Por su origen.....	22
1.5.3.	Impactos por el manejo de residuos sólidos.....	28
1.5.3.1.	Efectos de los residuos sólidos municipales.....	28
1.5.3.2.	Efectos de los residuos sólidos en la salud.....	33
1.5.3.3.	Efectos de los residuos sólidos en el ambiente.....	38
1.5.4.	Sistemas adecuados del manejo de residuos.....	39
1.5.4.1.	Recolección.....	40
1.5.4.2.	Transporte.....	40
1.5.4.3.	Disposición.....	40
1.5.2.4.	Tratamiento.....	41
2.	SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS	45
2.1.	Descripción de los residuos.....	45
2.1.1.	Residuos generados por la Sección de Concretos.....	45
2.1.2.	Residuos generados por la Sección de Metales.....	47

2.1.3.	Residuos generados por la Sección de Tecnología de la Madera.....	50
2.2.	Descripción de recolección actual.....	52
2.2.1.	Puntos de recolección.....	53
2.2.2.	Recurso humano laborando en recolección actual.....	54
2.2.3.	Equipo utilizado.....	55
2.2.4.	Frecuencia de recolección.....	57
2.2.5.	Horario de recolección.....	58
2.3.	Cuantificación de residuos.....	58
2.4.	Descripción de disposición final actual.....	67
2.4.1.	Terrenos de disposición final.....	67
2.4.2.	Reutilización.....	68
2.5.	Descripción de transporte actual de residuos.....	71
2.5.1.	Equipo utilizado.....	72
2.5.2.	Rutas.....	73
2.6.	Problemática actual.....	74
3.	PROPUESTA PARA UN MEJOR MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS.....	77
3.1.	Sección de Concretos.....	77
3.1.1.	Recolección.....	77
3.1.2.	Clasificación.....	80
3.1.3.	Acondicionamiento.....	81
3.1.4.	Sitios de disposición final.....	82
3.1.5.	Estrategias de reutilización.....	85
3.1.6.	Estrategias de reciclaje.....	88
3.1.7.	Estrategias de reducción.....	91

3.2.	Sección de Metales y Productos Manufacturados.....	91
3.2.1.	Recolección.....	92
3.2.2.	Clasificación.....	93
3.2.3.	Acondicionamiento.....	95
3.2.4.	Sitios de disposición final.....	95
3.2.5.	Estrategias de reutilización.....	99
3.2.6.	Estrategias de reciclaje.....	100
3.2.7.	Estrategias de reducción.....	104
3.3.	Sección de Tecnología de la Madera.....	104
3.3.1.	Recolección.....	105
3.3.2.	Clasificación.....	106
3.3.3.	Acondicionamiento.....	106
3.3.4.	Sitios de disposición final.....	107
3.3.5.	Estrategias de reutilización.....	109
3.3.6.	Estrategias de reciclaje.....	111
3.3.7.	Estrategias de reducción.....	112
3.4.	Transporte.....	113
3.4.1.	Tipo y tamaño de los vehículos.....	113
3.4.2.	Equipo de apoyo para los vehículos.....	114
3.4.5.	Rutas.....	115
3.4.6.	Distribución de carretillas.....	115
3.4.7.	Recurso humano.....	116
3.5.	Análisis financiero.....	116
3.5.1.	Costos de implementación de estrategias.....	116
3.5.2.	Método de análisis.....	122
3.5.3.	Enfoque del análisis.....	123

4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	125
4.1.	Responsabilidades de cada sección.....	125
4.2.	Sección de Concretos.....	127
4.2.1.	Frecuencia de recolección.....	128
4.2.2.	Horario y tareas de recolección.....	128
4.2.3.	Clasificación.....	131
4.2.4.	Distribución de equipo para acondicionamiento de los residuos.....	132
4.3.	Sección de Metales y Productos Manufacturados.....	133
4.3.1.	Frecuencia de recolección.....	133
4.3.2.	Horario y tareas de recolección.....	134
4.3.3.	Clasificación.....	134
4.3.4.	Distribución de equipo para acondicionamiento de los residuos.....	135
4.4.	Sección de Tecnología de la Madera.....	136
4.4.1.	Frecuencia de recolección.....	136
4.4.2.	Horario y tareas de recolección.....	136
4.4.3.	Clasificación.....	137
4.4.4.	Distribución de equipo para acondicionamiento de los residuos.....	137
4.5.	Destino de los residuos clasificados.....	138
4.6.	Beneficios esperados.....	140
4.6.1.	Ambientales.....	140
4.6.2.	Recuperación de áreas degradadas.....	141
5.	SEGUIMIENTO O MEJORA.....	143
5.1.	Resultados obtenidos.....	143
5.1.1.	Interpretación.....	143
5.1.2.	Aplicación.....	144

5.2.	Mejora continua.....	145
5.2.1.	Elaboración de lista de verificación.....	147
5.2.2.	Instructivo e instrucciones de trabajo.....	148
5.2.3.	Inducción.....	149
5.3.	Propósitos del plan de mejora.....	149
5.4.	Justificación del plan de mejora.....	150
5.5.	Responsabilidades.....	150
5.5.1.	Responsabilidades de la Sección de Concretos.....	151
5.5.2.	Responsabilidades de la Sección de Metales y Productos Manufacturados.....	151
5.5.3.	Responsabilidades de la Sección de Tecnología de la Madera.....	152
CONCLUSIONES		155
RECOMENDACIONES		159
BIBLIOGRAFÍA		161
APÉNDICES		167
ANEXOS		175

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC.....	8
2.	Composición de los residuos y desechos orgánicos.....	30
3.	Probetas o cilindros de concreto.....	46
4.	Sulfato de sodio.....	46
5.	Residuos de la Sección de Metales 1.....	48
6.	Residuos de la Sección de Metales 2.....	49
7.	Residuos de la Sección de Metales 3.....	49
8.	Viruta	50
9.	Aserrín.....	51
10.	Trozos de madera.....	52
11.	Carretones.....	55
12.	Polipasto.....	56
13.	Colector de aserrín y viruta.....	56
14.	Tonel de metal para recolectar aserrín.....	57
15.	Vista lateral del carretón.....	59
16.	Vista frontal del carretón.....	60
17.	Sacos con aserrín y viruta.....	65
18.	Probetas de concreto para jardinería.....	69
19.	Reutilización de trozos de madera.....	70
20.	Aserrín en árboles.....	71
21.	Vehículo recolector.....	72
22.	Deslizamiento de material por efecto de peso.....	75

23.	Acumulación de residuos.....	76
24.	Probeta de concreto con placa de azufre.....	78
25.	Residuos de placa de azufre.....	79
26.	Clasificación de residuos de probetas de concreto con falla.....	81
27.	Acondicionamiento de sacos de piedrín y arena.....	82
28.	Vertedero de ripio.....	83
29.	Reutilización de residuos de concreto como capa de relleno para remodelación de parqueos.....	86
30.	Remodelación de parqueos utilizando residuos de concreto capa de relleno.....	87
31.	Trituradora de mandíbula serie PE-400.....	90
32.	Carretón con exceso de residuos.....	92
33.	Reutilización de adoquines de concreto para muro de contención para jardines.....	99
34.	Fabricación de palanquilla de acero.....	101
35.	Scrap de aluminio.....	102
36.	PP-polipropileno, peletizado.....	103
37.	Helecho de cuero.....	110
38.	Camión propuesto marca HINO.....	113
39.	Recipientes plásticos para recolectar sulfato e hidróxido de sodio.....	129
40.	Fragmentos sólidos de azufre.....	130
41.	Mobiliario para el acondicionamiento de sacos con fragmentos de azufre.....	130
42.	Ubicación adecuada del carretón 2.....	132
43.	Ubicación adecuada del carretón 3.....	135

TABLAS

I.	Recurso humano.....	12
II.	Características que pueden definir como peligroso un residuo.....	20
III.	Categorías y usos de los materiales plásticos encontrados en los RSU.....	24
IV.	Estimación de la basura domiciliar por departamento en toneladas, 2009.....	32
V.	Diferentes patógenos en los residuos sólidos y la enfermedad que pueden causar.....	35
VI.	Enfermedades transmitidas por vectores relacionadas con la mala gestión de residuos sólidos.....	37
VII.	Cuantificación en unidades de los residuos generados por la Sección de Metales en el 2011.....	61
VIII.	Cuantificación de barras de acero de la Sección de Metales en el 2011.....	63
IX.	Cuantificación de metales ferrosos de la Sección de Metales en el 2011.....	64
X.	Cuantificación del aserrín y viruta generados por la Sección de Tecnología de la Madera.....	66
XI.	Cuantificación del aserrín y viruta generados en la carpintería.....	67
XII.	Clasificación de residuos de la Sección de Metales.....	94
XIII.	Listado de organizaciones relacionadas con el reciclaje de metales ferrosos y no ferrosos.....	97
XIV.	Listado de organizacones relacionadas con el reciclaje de plásticos diversos.....	98
XV.	Especificaciones de trituradora propuesta.....	117
XVI.	Costos de mano de obra.....	118

XVII.	Costos de combustibles.....	119
XVIII.	Costo total de trituradora serie PE-400.....	120
XIX.	Especificaciones de camión propuesto.....	120
XX.	Costo total de camión propuesto.....	121
XXI.	Costo total de equipo.....	122

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
°	Grados
C°	Grados centígrados
kg/cm²	Kilogramo sobre centímetro cuadrado
km	Kilómetro
km²	Kilómetros cuadrados
lb	Libras
>	Mayor que
MPa	Mega Pascales
≤	Menor o igual que
m²	Metro cuadrado

m³	Metro cúbico
mm	Milímetros
pH	Potencial de hidrógeno
%	Porcentaje
”	Pulgadas

GLOSARIO

Ácido clorhídrico	Dilución acuosa de cloruro de hidrogeno, es un líquido de color amarillo o incoloro con un olor penetrante. Es soluble en agua desprendiéndose calor.
Agregado reciclado	Partículas de granulometría pequeña procedentes de la trituración de concreto descartado, que ha sido utilizado en construcción.
Alcalinización	Se desarrolla cuando en la solución del suelo existe una concentración elevada de sales sódicas capaces de sufrir hidrólisis alcalina.
Almádana	Herramienta de forma similar a un martillo que consta de dos partes. Una gran cabeza metálica, puesta en el extremo de la cabeza un palo de madera que se usa como mango. Suele usarse para romper piedras.
Anilina	Líquido incoloro soluble en disolventes orgánicos y ligeramente en agua, utilizado en el proceso de teñido de aserrín.

ASTM	Siglas en inglés de American Concrete Institute (Instituto Americano del Concreto).
Azufre por sublimación	Polvo amarillo, medianamente fino y generalmente algo húmedo. Contiene a veces sulfuro de selenio; ordinariamente, sulfuro de arsénico, impurezas minerales, pero siempre ácido sulfúrico que se ha formado por oxidación del azufre.
Balón volumétrico	Recipiente de vidrio de base redonda y plana con forma de balón y cuello largo.
CII	Centro de Investigaciones de Ingeniería.
Desagüe	Sistemas diseñados para drenar el agua. Retiran el líquido para prevenir una inundación, conduciendo el agua a la red de alcantarillado.
Difuso	Impreciso, poco claro y con límites imprecisos.
Dioxinas	Contaminantes orgánicos persistentes que se encuentran entre las sustancias químicas más tóxicas, se producen por incineración durante la fabricación de productos clorados.

Fleje	Cinta originalmente metálica, utilizada para asegurar o fijar el embalaje de diversos productos, mayoritariamente productos pesados.
Fogón	Determinado lugar destinado a contener el combustible en las calderas y algunos hornos.
Fragmentos	Toda aquella parte que compone un elemento superior y, que fue voluntaria o involuntariamente separada del resto por determinada razón.
Hidróxido de sodio	Sólido blanco e industrial que se utiliza como disolución al 50 por ciento. Es soluble en agua desprendiéndose calor. Absorbe humedad y dióxido de carbono del aire y es corrosivo en metales y tejidos.
IARNA	Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente.
Incineración	Proceso de reducir a cenizas los desechos sólidos y otros residuos, reduciendo el volumen original de la fracción combustible de los residuos sólidos del 50-80 por ciento.

Incipiente	Término que se utiliza cuando se quiere referir que algo está recién empezado, es decir, todavía es nuevo y hasta puede suceder que se encuentre en un tiempo de experimentación.
Jardinización	Acción dentro de la cual se puede incorporar tanto materiales naturales como hechos por el hombre para embellecer y cuidar un jardín.
Lignina	Constituyente intercelular incrustante de las células fibrosas de los vegetales. Funciona prácticamente como relleno para impartir rigidez al tallo de planta.
Lixiviado	Líquido que se ha filtrado a niveles inferiores de un suelo, generalmente arrastra gran cantidad de los compuestos presentes en el sólido que atraviesa.
Marcha química	Proceso técnico y sistemático donde se analizan sustancias químicas a través de operaciones que generan reacciones químicas.
Metano	Sustancia no polar que se presenta en forma de gas a temperaturas y presiones ordinarias. Es incoloro e inodoro y apenas soluble en agua en su fase líquida.

Micro-organismos	Seres vivos microscópicos que están presentes en todos los ambientes (aire, agua, cuerpo, alimentos). Pueden ser beneficiosos o perjudiciales.
Neutralización	Reacción entre un ácido y una base para formar moléculas de agua.
Patógeno	Cualquier microorganismo capaz de producir una enfermedad infecciosa. Incluye a los virus, bacterias, hongos y protozoos.
Peletizado	Operación de moldeo termoplástico en el que las partículas, finamente divididas, se integran en un <i>pellet</i> compacto y de fácil manejo.
Potenciómetro de pH	Instrumento utilizado en el método electroquímico para medir el pH de una disolución.
Proliferación	Crecimiento o multiplicación de células.
Recolección	El término recolección incluirá solamente la toma de los residuos sólidos de sus orígenes hacia donde serán acondicionados, para ser trasladados o para su reutilización.

Remover	Examinar las probetas de concreto para quitar todos los fragmentos de azufre.
Restos	Sobras, desperdicios.
Ripio	Trozos pequeños de piedra, resultado de obras de construcción o albañilería
RSU	Residuos sólidos urbanos
Sacos	Embalaje de plástico de diferentes capacidades, similar a una bolsa.
Scrap	Siglas en inglés de chatarra, desecho de hierro.
Sulfato de sodio	Polvo cristalino de color blanco con buena solubilidad en el agua que se utiliza en numerosas aplicaciones como en la evaluación de la solidez de agregados.
Talud	Cualquier superficie inclinada respecto a la horizontal que hayan de adoptar permanentemente las estructuras de tierra, bien sea en forma natural o como consecuencia de la intervención humana en una obra de ingeniería.

Tamiz	Utensilio que se usa para separar las partes finas de las gruesas de algunas cosas y que está formado por una tela metálica o rejilla tupida que está sujeta a un aro.
Terrones	Masa pequeña y compacta en forma de cubo.
Tuberías PEX	Tuberías de polietileno reticulado utilizadas en la construcción de sistemas de calefacción y manipulación de gas.
Vertedero a cielo abierto	También llamados basureros, son todos aquellos lugares donde se deposita finalmente la basura, regularmente son clandestinos.

RESUMEN

La inadecuada gestión de los residuos sólidos que genera el Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), ha causado varios impactos negativos como: contaminación visual, impacto ambiental, acumulación sin medida, entre otros. Es por ello que es de vital importancia proponer soluciones que ayuden a minimizar dichos impactos.

El presente trabajo de graduación ha sido elaborado con el objetivo de establecer un óptimo manejo de los residuos sólidos que generan las secciones de Concretos, Metales y Productos Manufacturados, Tecnología de la Madera del CII. La investigación se ha planteado únicamente para estas tres secciones ya que, para todas las secciones que conforman el CII, es un proyecto que abarcaría años de investigación y estudio, ya que algunas secciones generan desechos peligrosos y tóxicos. Sin embargo, este trabajo puede ser considerado como un primer paso para que en un futuro se logre la implementación de un sistema de gestión de residuos sólidos, para todas las secciones del centro.

Durante la elaboración de la investigación se realizó un diagnóstico del manejo actual de los residuos sólidos de las tres secciones en estudio. Por medio del cual se obtuvo información como: descripción, recolección, clasificación, acondicionamiento, cuantificación y disposición final de los residuos que generan las secciones antes mencionadas.

Posterior al análisis de la información obtenida en el diagnóstico, se plantea la propuesta, dentro de la cual se incluye un conjunto de procedimientos de mejora para el manejo de los residuos de cada sección, desde la recolección hasta la disposición final, incluyendo en la misma las estrategias de reducción, reutilización y reciclaje.

En la parte final de la investigación, se describen los lineamientos a seguir para la implementación, seguimiento y mejora de la propuesta, así como los beneficios que generan como: protección del medio ambiente, eliminación de la contaminación visual, usos productivos y aprovechamiento de los residuos, impacto positivo en las demás secciones del CII.

OBJETIVOS

General

Presentar una propuesta para la mejora del manejo de residuos sólidos en las secciones de Concretos, Metales y Tecnología de la Madera del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, CII.

Específicos

1. Determinar la cantidad de residuos que son generados por cada sección, para lograr establecer una separación adecuada que disminuya su acumulación dentro de las secciones del CII.
2. Proponer estrategias de solución para una adecuada disposición final de los desechos que son generados por las secciones de Concretos, Metales y Tecnología de la Madera.
3. Minimizar la cantidad de residuos que deben ser dispuestos finalmente en los terrenos de disposición final.
4. Establecer una frecuencia de recolección que sea acorde a la generación de cada tipo de residuo.

5. Concientizar al personal de cada sección sobre la importancia de contar con un manejo adecuado de los residuos que producen.

INTRODUCCIÓN

La investigación se plantea ante la necesidad de hacer notar que tristemente cada día aumenta la contaminación en el hábitat de los seres vivientes, ya que se han puesto por delante otros intereses sin tomar en cuenta su existencia, percatándose un poco tarde que la ecología no tiene fronteras ni limitaciones y que ya se empieza a pagar los altos precios del deterioro ambiental que se ha provocado.

Uno de los principales problemas ambientales es la eliminación de residuos sólidos, los cuales comúnmente son desechados, arrojándolos en terrenos a las afueras de la ciudad, lo que causa más problemas para el planeta.

Este trabajo plantea posibles soluciones para un mejor manejo de los residuos sólidos que son generados por las secciones de Concretos, Aglomerantes y Morteros; Metales y Productos Manufacturados, Tecnología de la Madera del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería, por medio del diseño de propuestas que permitan la recolección, clasificación, transporte y disposición final adecuados para todos los tipos de residuos que son generados, debido a que actualmente las soluciones que se le han dado, únicamente han generado un incremento en la acumulación de los mismos en las áreas verdes de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

En el capítulo 1 se describe todo lo derivado a residuos sólidos, características, clasificación y los impactos que estos generan al medio ambiente, así como los sistemas adecuados para su manejo. También se menciona toda la información general sobre el CII. Posterior a ello se presenta el diagnóstico de la situación actual y las distintas problemáticas a las que se enfrenta cada sección.

En el capítulo 3 se presentan las propuestas de recolección, clasificación, acondicionamiento y sitios de disposición final. También se proponen estrategias de reducción, reutilización y reciclaje para las tres secciones que permitan eliminar las cantidades de residuos que se arrojan en vertederos de cielo abierto.

En el capítulo 4 se describen las directrices para la implementación de la propuesta, así como los beneficios esperados de la misma.

En el último capítulo se hace énfasis en el seguimiento y mejora de los resultados obtenidos por la implementación de la propuesta. También se describen de manera específica, los elementos de un plan de mejora continua, que deberán llevarse a cabo para mejorar constantemente el manejo de los residuos sólidos que generan las tres secciones en estudio, así como la elaboración de propuestas para las otras secciones que conforman el CII.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Reseña histórica del Centro de Investigaciones de Ingeniería

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), fue creado por Acuerdo del Consejo Superior Universitario, en el punto noveno del acta número ochocientos cuarenta y dos (842) de sesión celebrada el 27 de julio de 1963 y está integrado por todos los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

La base para constituir el centro fue la unificación de los laboratorios de materiales de construcción de la Facultad de Ingeniería y de la Dirección General de Obras Públicas en 1959, y la subsiguiente adición a los mismos del Laboratorio de Química y Microbiología Sanitaria en 1962, en unión de otros laboratorios docentes de la Facultad de Ingeniería. En 1965 se agregó al CII el Laboratorio de Análisis de Aguas de la Municipalidad de Guatemala. En 1967 se incorporaron los laboratorios del Departamento de Ingeniería Química, que pasó a formar parte de la facultad como escuela de Ingeniería Química, y posteriormente los laboratorios de Mecánica e Ingeniería Eléctrica, al formarse las respectivas escuelas.

En 1977 se establecieron las Unidades de Investigación en Fuentes no convencionales de Energía y Tecnología de Construcción de la Vivienda. En 1978 fue creado el Centro de Información para la Construcción (CICON), el cual se encuentra adscrito al CII.

En 1980 aunaron esfuerzos la Facultad de Arquitectura y la Unidad de Tecnología de la Construcción de Vivienda, para organizar el programa de tecnología para los asentamientos humanos, del cual se generaron múltiples relaciones nacionales e internacionales. En 1997 se adhirió al CII la planta piloto de extracción destilación, cuyo funcionamiento sirvió como apoyo tanto a la investigación como a la prestación de servicios.

En esta misma década, se dio impulso al Laboratorio de Metrología Eléctrica, cuya formación duró muchos años y se consideró la ampliación del Laboratorio de Metrología Industrial. En 1999 se incrementó notablemente la participación del CII en los programas de investigación que se encuentran vigentes en el país, así como la vinculación internacional.

1.2. Información general

El Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), presta sus servicios a entidades públicas y privadas, gubernamentales y no gubernamentales, así como a personas individuales que buscan la solución a sus problemas técnicos específicos, en las áreas de la construcción, ingeniería sanitaria, metrología industrial y química industrial.

1.2.1. Ubicación

Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos, Ciudad Universitaria, zona 12, edificio T-5, nivel 2.

1.2.2. Misión

"Investigar alternativas de solución científica y tecnológica para la resolución de la problemática científico y tecnológica del país en las áreas de ingeniería, que estén orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales; realizar análisis y ensayos de caracterización y control de calidad de materiales, estructuras y productos terminados de diversa índole; desarrollar programas docentes, orientados a la formación de profesionales, técnicos de laboratorio y operarios calificados; realizar inspecciones, evaluaciones, expertajes, prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en áreas de la ingeniería; actualizar, procesar y divulgar información técnica y documental en las materias relacionadas con la ingeniería."

1.2.3. Visión

"Desarrollar investigación científica como el instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, orientada a la optimización de los recursos del país y a dar respuesta a los problemas nacionales; contribuir al desarrollo de la prestación de servicios de ingeniería de alta calidad científico y tecnológica para todos los sectores de la sociedad guatemalteca; colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos; propiciar la comunicación con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala, dentro del marco definido por la Universidad de San Carlos de Guatemala."

1.2.4. Políticas

"Prestar servicios, preferentemente a las entidades participantes del CII, y ofrecer los mismos a entidades y personas que, mediante convenios específicos, deseen participar en sus actividades en forma cooperativa o bien utilizar los elementos del mismo en relación con sus problemas técnicos específicos."

Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como instrumento para la resolución de problemas de diferentes campos de la ingeniería, especialmente a los encargados de la evaluación y utilización de los recursos del país que están orientadas a dar respuesta a los problemas nacionales.

Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos, mediante programas de docencia práctica, adiestramiento y promoción en la realización de trabajos de tesis, en sus laboratorios y áreas técnicas.

Propiciar el acercamiento y colaboración con otras entidades que realizan actividades afines, dentro y fuera de la República de Guatemala. Para el cumplimiento de las políticas, el CII como parte de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ha establecido relaciones muy fuertes con el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI) y con la Municipalidad de Guatemala. Estas tres entidades son a las que van dirigidos preferentemente los servicios.

También se tiene una relación de prestación de servicios, también con otras instituciones estatales municipales del país, comités de comunidades de escasos recursos, organizaciones no gubernamentales, sector privado de la construcción y otras industrias, así como en el público en general que solicite los servicios del Centro de Investigaciones de Ingeniería.

Con propósitos del cumplimiento del programa de investigación se ha establecido una relación directa con el Consejo Coordinador e Impulsor de la Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CONCIUSAC), cuyo ejecutor es la Dirección General de Investigación de la Universidad de San Carlos de Guatemala (DIGI) y con el Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología (SINCYT), el cual es ejecutado por la Secretaría del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT). Miembros del equipo de trabajo del Centro de Investigaciones de Ingeniería participan en las actividades de estas dos instituciones.

1.2.5. Objetivos

- Fomentar y contribuir al desarrollo de la investigación científica como un instrumento para la resolución de problemas de diversos campos de la ingeniería, especialmente los que atañen a la evaluación y mejorar la utilización de los recursos del país que están orientados a dar respuesta a los problemas nacionales.
- Presentar sus servicios, preferentemente a las entidades participantes del CII y ofrecer los mismos a entidades y personas que mediante convenios específicos deseen participar en las actividades del centro en forma cooperativa o bien utilizar sus recursos en la resolución de sus problemas técnicos específicos.

- Colaborar en la formación profesional de ingenieros y técnicos mediante programas de docencia práctica y adiestramiento y la promoción de realización de trabajos de tesis en sus laboratorios y unidades técnicas.

1.2.6. Funciones

- Fomentar y contribuir a la realización de estudios e investigaciones en diferentes áreas de ingeniería, en especial aquellos que atañen a la evaluación y mejor utilización de los recursos del país, y que estén orientados a dar respuesta a los problemas nacionales.
- Realizar programas docentes en áreas de su competencia para colaborar en la formación de profesionales y técnicos y promover la realización de trabajos de tesis en sus laboratorios.
- Colaborar en el adiestramiento de técnicos de laboratorio y en la formación de operarios calificados, especialmente en los campos de la construcción y la ingeniería sanitaria.
- Colaborar con los servicios de extensión universitaria. Realizar análisis y ensayos de comprobación de calidad de materiales y productos de diversa índole, en áreas de su competencia. Realizar inspecciones, evaluaciones, expertaje y prestar servicios de asesoría técnica y consultoría en materia de su competencia.
- Actualizar, procesar y divulgar la información técnica y documental en las materias afines, en especial en el campo de la tecnología de los asentamientos humanos.

1.3. Estructura organizacional

La organización del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), permite llevar a cabo diversas actividades, respetando el organigrama.

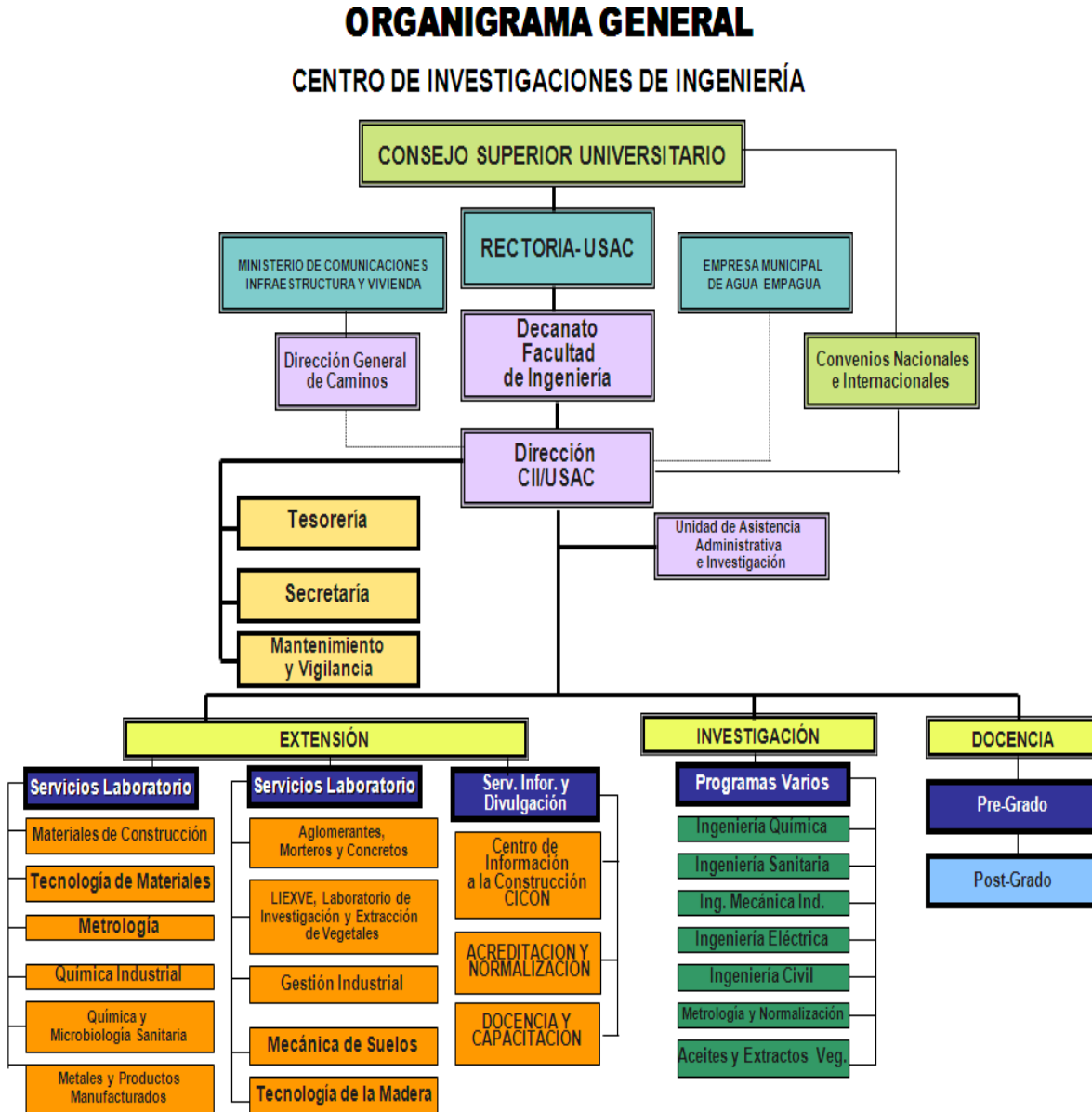
1.3.1. Organigrama

En el organigrama del CII, actualmente se consideran tres áreas: extensión, investigación y docencia.

El área de servicios no se encuentra puntualmente identificada en el organigrama, dicha situación se justifica en el hecho de que esta área es inmersa a cada una de las labores que llevan a cabo las otras tres áreas. El área de servicios contempla una serie de actividades a través de las cuales participa directamente en las áreas de extensión, investigación y docencia. Para fines de análisis, investigación y estudio de los distintos servicios que presta el CII, es conveniente considerar por separado el área de servicios, tomándose como cuarta área.

Con la aprobación de la dirección del CII, se considera apropiado el considerar el área de servicios como independiente de las otras tres (ver figura 1).

Figura 1. Organigrama del Centro de Investigaciones de Ingeniería, USAC



Fuente: www.cii.usac.edu.gt, Estructura Orgánica. Consulta 12 de agosto de 2011.

1.3.2. Competencias

- **Área de investigación**

En el área de investigación, el CII tiene definidas sus líneas de investigación en función de los programas de investigación del sistema universitario y de las líneas establecidas en las comisiones sectoriales e intersectoriales del sistema nacional de ciencia y tecnología. La estructura, sin embargo, está abierta para que puedan realizarse aquellas investigaciones que no estén contempladas en las líneas ya establecidas y que sean susceptibles de obtener financiamiento en organizaciones nacionales e internacionales.

El financiamiento de los proyectos de investigación que se ejecutan proviene del sistema universitario de investigación, del fondo nacional de ciencia y tecnología y de los convenios que se establecen con organismos nacionales e internacionales. La universidad no asigna fondos específicos para investigación en este centro.

- **Área de extensión**

Los servicios se prestan, atendiendo a las solicitudes de los usuarios, quienes elaboran órdenes de trabajo para los trabajos que requieran. Por otro lado, se ofrecen los servicios de información por medio del Centro de Información a la Construcción, adscrito al CII, el cual atiende un promedio de treinta usuarios diarios, entre estudiantes, profesionales y público en general que lo solicita.

La finalidad del Centro de Información a la Construcción es la de servir de apoyo informativo en el campo de la construcción, vivienda, normalización y asentamientos humanos.

En la actualidad, el Centro de Información y Prevención de Desastres, está en fase de formación, funcionará adscrito al CII, como parte del Centro Regional de Información de Desastres (CRID), que opera en el área latinoamericana, con apoyo de las Organizaciones Panamericana de la Salud (OPS), la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Federación Internacional de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja y la Organización Decenio Internacional para la Reducción de Desastres Naturales (ODIRDEN).

- Área de docencia

En el área de docencia existen tres programas: pregrado, posgrado y de educación continua de nivel técnico. Cada uno de los programas se describe a continuación:

- Programa de pregrado

En el programa de pregrado se apoya a las escuelas de la Facultad de Ingeniería en las prácticas de laboratorio de los siguientes cursos:

- Resistencia de Materiales I
- Resistencia de Materiales II
- Materiales de Construcción
- Mecánica de Suelos
- Mampostería
- Concreto Armado I

- Mecánica de Fluidos
- Hidráulica
- Instrumentación Eléctrica
- Ingeniería Eléctrica 2
- Química 2
- Química y Microbiología Sanitaria
- Microbiología
- Circuitos 2

El apoyo a las escuelas se extiende a las facilidades de equipo, instrumentación y asesoría a estudiantes en la realización de tesis y prácticas de laboratorio a todo nivel. Además de las prácticas de laboratorio, se gestiona y se da acompañamiento a las visitas técnicas a empresas de materiales de construcción como Cementos Progreso, Bloteca, Inmaco, Aceros del Sur, Lignum, Maderas y Machihombres, Mixto Listo, Fijaciones S.A., Radiografía Industrial, etc.

- Programa de posgrado

El programa de posgrado está en fase de formulación. En la actualidad se proporciona apoyo de laboratorio a estudiantes de la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria (ERIS), por medio de los Laboratorios de Química y Microbiología Sanitaria.

- Programa de educación continua

El programa de educación continua se encuentra en desarrollo. Durante 1999 se ejecutó por medio de la sección de metrología, el curso de Educación Metrológica para la industria nacional.

1.3.4. Recurso humano

El recurso humano del CII se encuentra dividido según las siguientes categorías:

Tabla I. Recurso humano

CATEGORÍA	USAC	Municipalidad de Guatemala	TOTAL
Profesional	24	2	26
Técnico	27	4	31
Operativo	6	2	8
Administrativo	10	1	11
TOTALES	67	9	76

Fuente: www.cii.usac.edu.gt, Recursos Humanos. Consulta: 5 de agosto de 2011.

1.4. Descripción de las secciones del CII

Para la ejecución de las actividades del CII, se cuenta con las siguientes secciones:

- Gestión de la Calidad
- Concretos, Aglomerantes y Morteros
- Química y Microbiología Sanitaria
- Metrología Industrial
- Química Industrial
- Metales y Productos Manufacturados
- Mecánica de Suelos
- Ecomateriales
- CICON (Centro de Información a la Construcción)

- Estructuras
- Topografía y Catastro
- Tecnología de la Madera

Sin embargo, el desarrollo de la investigación se enfoca únicamente en las secciones de Concretos, Aglomerantes y Morteros, Metales y Productos Manufacturados y Tecnología de la Madera.

1.4.1. Descripción de la Sección de Concretos, Aglomerantes y Morteros

La Sección de Concretos, Aglomerantes y Morteros cumple con las líneas de servicios, a través de la determinación del comportamiento de las propiedades mecánicas de los materiales, con el fin de asumir los resultados en el comportamiento de las estructuras a través de estudios de las propiedades mecánicas y la calidad de dichos materiales, por medio de ensayos que se brindan a entidades gubernamentales y no gubernamentales y sector privado.

1.4.2. Descripción de la Sección de Metales y Productos Manufacturados

Capacitada con equipo de vanguardia y competencia a nivel centroamericano, la Sección de Metales y Productos Manufacturados provee ensayos de resistencia, tensión, complexión y flexión de muchos materiales por medio de las máquinas universales Tinius Olsen y Baldwin Hamilton. A través de dichos ensayos se verifican las condiciones de los productos, materiales o elementos de diferentes industrias, para confirmar si son funcionales o si están en buen estado.

1.4.3. Descripción de la Sección de Tecnología de la Madera

La Sección de Tecnología de la Madera fue inaugurada el 15 de noviembre del 2009, esta sección se especializa en la investigación de las propiedades y aplicaciones de materiales relacionados con madera y desarrollo de métodos de ensayo, asesoría y consultoría en la ciencia y tecnología de la madera.

Entre las actividades y servicios que realiza la sección se encuentran:

- Realización de todo tipo de muebles y estructuras de madera.
- Desarrollo de métodos y equipo de ensayo para la madera.
- Investigación, asesoría y consultoría técnica relacionada con el estudio de las propiedades físicas y mecánicas de la madera.
- Promover la realización de trabajos de graduación que contribuyan al mejoramiento y desarrollo del país.

Actualmente, la Sección de Tecnología de la Madera está orientada fundamentalmente, a proyectos de investigación y estudio; sin embargo, también presta servicio a la Facultad de Ingeniería en la elaboración de muebles, estructuras de madera, sillas, entre otros.

1.5. Residuos sólidos

Todos los que proceden de actividades humanas y de animales que, normalmente, son sólidos y que se desechan como indeseados o inútiles. Son también considerados como residuos aquellos materiales, sustancias u objetos sobrantes de cualquier operación, actividad o proceso productivo tanto en sus procesos intermedios de producción o en consumo final.

Los residuos sólidos son productos de la relación del hombre con su medio, por lo que su mejor definición es: “todo material descartado por la actividad humana, que no teniendo utilidad inmediata se transforma en indeseable”.¹ Por lo tanto se utiliza el término de residuo sólido para hacer referencia a todo material inútil o no deseado, originado por la actividad humana, que puede ser liberado en cualquier medio receptor (atmósfera, agua, suelo).

1.5.1. Características generales

Los residuos sólidos son de procedencia variable, por lo que la determinación de sus características y las cantidades generales permite establecer su grado de peligrosidad para su adecuado manejo, el volumen a evacuar, así como establecer la frecuencia de recolección, transporte y las alternativas de sistemas adecuados para un óptimo manejo.

1.5.2. Clasificación

La clasificación de los residuos sólidos en una comunidad está, en general, relacionada con el uso del suelo y su localización. Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes, los residuos generados por las tres secciones, se pueden diferenciar en:

- Por su composición
- Por su origen

¹ TCHOBANOGLOUS, George. Gestión integral de residuos sólidos. p. 35

1.5.2.1. Por su composición

Se clasifican según su composición de la siguiente manera:

- Sólido orgánico

Aquellos que pueden descomponerse naturalmente y que tienen en su estructura básicamente: carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, excepto dióxido de carbono. Están compuestos de comida, animales, frutas, plantas, ceniza, restos de carbón, pedazos de madera o leña, todo material de fácil descomposición y de corto tiempo. Son considerados materiales biodegradables, los cuales con el pasar del tiempo por humedad, calor, hongos y bacterias, se descomponen y se transforman en humus.

Mediante un proceso sencillo pueden convertirse en fertilizantes muy efectivos en campos agrícolas al combinarse con algunas bacterias, con un costo mínimo en el mercado, comparado con otros productos convencionales que cada vez demandan mayor aplicación para cumplir su cometido.

Desechos como rastrojos, pajas, malezas, bagazo de caña, agave, estiércol y hasta basura orgánica urbana son útiles para transformarse en humus, que además de dar mayor fertilidad, es un enemigo natural de plagas y enfermedades.

El humus no es más que el resultado de una mezcla bien hecha de todos los residuos mencionados anteriormente y que tiene la característica de ser un producto noble que recupera los suelos agrícolas que ya están agotados, es decir, con baja materia orgánica y vida biológica.

Esto es conocido como proceso de humificación, cuyo resultado es abono orgánico biológico no contaminante, que logra aumentar la producción en suelos agrícolas. Además de que las tierras pobres dañan el medio ambiente por su bajo contenido de materia orgánica y vida biológica, también repercuten de manera negativa en la producción agrícola, y por consecuencia, en la economía de los trabajadores del campo.

- Sólido inorgánico

Son los que por sus características químicas sufren una descomposición natural muy lenta, muchos de ellos son de origen natural, pero no son biodegradables. Están constituidos por materiales que requieren un proceso tecnológico para ser transformados, como el vidrio, plástico, metales, pañales, toallas desechables y muchos otros. Generalmente se reciclan a través de métodos artificiales y mecánicos, como las latas, vidrios, plásticos. En muchos casos es imposible su transformación o reciclaje, esto ocurre, por ejemplo, con las baterías.

Se pueden distinguir distintos grupos de basura inorgánica producida en el hogar:

- Metales y latas
- Papel y cartón
- Plásticos (bolsas y botellas)
- Vidrio
- Elementos de control sanitario (pañales, toallas higiénicas, algodones)
- Otros: madera, trapos, ropa vieja, baterías, entre otros

También forman parte del grupo de los inorgánicos los productos que combinan distintos materiales. El problema con muchos de ellos es que ante la dificultad de separar los materiales que los integran, no se pueden reciclar, por lo que su destino no puede ser otro más que el de convertirse en basura.

Los residuos cuando han sido separados, están limpios y son fáciles de manejar, no generan contaminación. Sin embargo, lo que contamina es la mezcla de los desperdicios cuando son colocados en un solo lugar, por ejemplo, en una sola bolsa. Cuando hay materia orgánica (cáscaras, yerba, restos de comida) mezclada con materia inorgánica (plásticos, papel, vidrio, etc.) se produce la muerte de los organismos vivos y comienza a crearse la contaminación, las enfermedades y el mal olor. Por lo tanto, al llevar a cabo una separación adecuada de los residuos inorgánicos en el hogar se contribuye a evitar la contaminación.

- Sólido peligroso

Son aquellos que figuran en la lista europea de residuos aprobada en el Real Decreto 952/1997, identificados con un asterisco (*), y en todo caso, ajustarse a la definición legal de residuo peligroso.²

En todo caso, un material o producto desechado debe ser tratado como un residuo peligroso siempre que presente alguna de las siguientes características:

- Inflamabilidad: capacidad de inflamarse bajo ciertas condiciones o de arder espontáneamente. Por ejemplo; aceites y disolventes usados, papeles o cartones impregnados con aceite, entre otros.

² Ley 10/98. Real Decreto 952/1997.

- Corrosividad: capacidad de dañar o destruir materiales o tejidos orgánicos por acción química. En caso de fuga, derrames o vertidos, éstos pueden ocasionar graves daños ambientales. Por ejemplo, ácidos decapantes agotados, baños alcalinos agotados, etc.
- Reactividad: potencial de las sustancias para reaccionar químicamente liberando energía (calor), y compuestos nocivos (humos, gases, vapores), ya sea por descomposición o por combinación con otras sustancias.
- Toxicidad: capacidad de los materiales residuales de resultar dañinos o letales al ser ingeridos o absorbidos por un organismo vivo (plantas, animales, personas). En caso de fugas, derrames o vertidos pueden ocasionar graves daños ambientales. Por ejemplo, cianuros, aluminio, plaguicidas, etc.

Estas características se pueden conocer consultando las frases R (frases de riesgo), que se encuentran en las etiquetas y fichas de seguridad de los productos y materiales que se utilizan en el área de trabajo. En la tabla II, se encuentra en forma orientativa, una relación entre frases R y características de peligrosidad de un residuo.

Tabla II. **Características que pueden definir como peligroso un residuo**

Código	DESCRIPCIÓN DEL RESIDUO	Frase R
H 1	Explosivo	R2; R3; R4; R5; R6; R9
H 2	Comburente	R7; R8
H 3-A	Fácilmente inflamable	R11; R12
H 3-B	Inflamable	R10; R30
H 4	Irritante	R36; R37; R38
H 5	Nocivo	R20; R21; R22; R65; R66
H 6	Tóxico	R23; R24; R25; R26; R27;R28; R33
H 7	Cancerígeno	R45; R48; R49
H 8	Corrosivo	R34; R35
H 9	Infecciosos	
H 10	Tóxico para la reproducción	R60; R61; R62; R63; R64
H 11	Mutagénico	R46
H 12	Sustancias que emiten gases tóxicos en contacto con aire, agua o ácido	R14; R15; R18; R19; R29
H 13	Sustancias que después de su eliminación, pueden dar lugar a una sustancia que puede estar englobada en uno de los grupos anteriores	
H 14	Ecotóxico	R50; R51; R52; R53; R54; R55; R56; R57; R58

Fuente: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud (ISTAS), Guía de control y gestión de residuos peligrosos. p. 13.

- Sólido no peligroso

Dentro de este grupo se encuentran los residuos inertes, que se definen como aquellos que por su naturaleza o composición no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas. No son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, no son biodegradables y no afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que pueden dar lugar a contaminación del medio o perjudicar a la salud humana.

Para que un residuo pueda clasificarse como no peligroso, deberá reunir los siguientes requisitos:

- Tener un punto de inflamación superior a 55 °C.
- Tener un pH entre 2 y 12,5.
- No ser corrosivo.
- No causar daños a los tejidos humanos. No ser reactivo.
- No contener sustancias que puedan generar gases tóxicos, no ser explosivo o detonante.
- No contener productos cancerígenos o bajo sospecha de serlo.
- No contener sustancias clasificadas como cancerígenas, mutagénicas o teratogénicas.
- Tener una toxicidad baja.

1.5.2.2. Por su origen

Los orígenes de los residuos sólidos están relacionados con el uso del suelo y su localización. Aunque pueden desarrollarse un número variable de clasificaciones sobre los orígenes, se pueden diferenciar en:

- Doméstico
 - Comercial
 - Institucional
 - Construcción y demolición
 - Servicios municipales
 - Zonas de plantas de tratamiento
 - Industrial
 - Agrícola
-
- Doméstico y comerciales

Consisten en orgánicos e inorgánicos de zonas residenciales y establecimientos comerciales. La fracción orgánica de los domésticos y comerciales está formada por materiales como restos de comida, papel de todo tipo, cartón, madera y restos de jardín. La fracción inorgánica está formada por vidrio, cerámica, latas, aluminio, metales férricos. Si los componentes no se separan cuando se desechan, entonces la mezcla de éstos se conoce como residuos sólidos urbanos (RSU) domésticos y comerciales no seleccionados.

Los residuos que se descomponen con rapidez se denominan putrescibles, siendo su principal fuente la manipulación y preparación de comida. Su descomposición provoca olores molestos y reproducción de moscas. En muchas ocasiones, la naturaleza putrescible influirá en el diseño y en la operación del sistema de recogida. El papel residual está compuesto de periódicos, libros y revistas, impresos comerciales, papel de oficina, cartón, embalajes de papel, otros papeles no destinados al embalaje, pañuelos y toallas de papel.

En la tabla III se muestran las diferentes categorías y usos comunes de los materiales plásticos en los residuos sólidos urbanos (RSU).

Tabla III. **Categorías y usos de los materiales encontrados en los RSU**

CATEGORÍA	CÓDIGO	USOS COMUNES
Polietileno tereftalato	1-PET	Botella de refrescos carbonatados, recipientes para comida
Polietileno alta densidad	2-PE-HD	Botella de leche, botella de detergente, productos en forma de lamina como bolsa, etc.
Polietileno de vinilo	3-PVC	Recipientes domésticos y empaques de comida, tuberías, aislantes de alambre y cable
Polietileno baja densidad	4-PE-LD	Envase de película fina y envoltorios, pañuelos desechables; otros materiales de lamina; materiales para agricultura y construcción
Polipropileno	5-PP	Cajas para botellas, maletas, tapas de recipiente y etiquetas; cajas para acumuladores de automóviles; envases de comida.
Poliestireno	6-PS	Vasos y platos de espuma, cubiertos descartables, artículos moldeados por inyección.
Otros	7-Otros	Plásticos

Fuente: Centro de Producción más Limpia. Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala, plásticos diversos. p. 2.

Dentro de la categoría de otros también se incluyen:

- Artículos voluminosos: son domésticos comerciales e industriales grandes, ya sean gastados o rotos, tales como muebles, lámparas, librerías, archivadores, etc.
- Electrodomésticos de consumo: incluyendo artículos gastados o rotos que ya no se utilizan como radios, estéreos, televisores, videos, DVDs, etc.
- Productos de línea blanca; los grandes electrodomésticos comerciales, domésticos o industriales gastados o rotos como cocinas, lavadoras, lavavajillas, neveras, secadoras, etc. Cuando se recogen separadamente, se desmontan para la recuperación de materiales específicos (cobre, aluminio, etc.)
- Productos de línea gris: ordenadores, monitores, impresoras, fotocopiadoras, etc. Cuando se recogen separadamente, se desmontan para la recuperación de materiales específicos.
- Productos de línea marrón: televisores, equipos de radio, etc.

Las principales fuentes de pilas y baterías son las viviendas y las instalaciones de reparación mecánica de automóviles. Las pilas domésticas pueden ser alcalinas, de mercurio, plata, cinc, níquel y cadmio. Los metales contenidos en las pilas domésticas pueden causar la contaminación de las aguas subterráneas por su presencia en el lixiviado, también puede contaminar las emisiones gaseosas y las cenizas de instalaciones de incineración de residuos.

La principal fuente de aceites usados son los vehículos. El aceite residual no recogido para el reciclaje, suele ser tirado al suelo o a los desagües contaminando las aguas y el suelo. Si el aceite es depositado junto a otros residuos, los contamina e impide su reciclaje. Otros de los residuos comerciales de difícil reciclaje son los neumáticos debido a que no se compactan bien, su evacuación es un proceso costoso y ocupa mucho espacio, ya que no se pueden compactar. Provocan problemas estéticos y pueden ser causa de incendios difíciles de extinguir.

- Institucionales

Las fuentes incluyen centros administrativos, escuelas, cárceles y hospitales, excluyendo a los que se fabrican en las industrias y los sanitarios de los hospitales. En la mayoría de los hospitales, los residuos sanitarios son manipulados y procesados separadamente para evitar mayor contaminación.

- De la construcción y demolición

Son los que proceden de la construcción, remodelación y arreglos de viviendas individuales, edificios comerciales y otras estructuras. Las cantidades generadas son difíciles de estimar y se componen normalmente de suciedad, piedras, hormigón, armaduras, ladrillos, madera, grava, piezas de fontanería, calefacción y electricidad, etc.

Los restos de los edificios demolidos, calles levantadas, aceras y otras estructuras son clasificados como residuos de demolición cuya composición es similar a los anteriores, pero suelen incluir vidrios rotos, plásticos, acero, entre otros.

- Servicios municipales

Son derivados de las operaciones de mantenimiento de las instalaciones municipales, incluyendo desechos barridos de las calle, de jardinería, sumideros, animales muertos y vehículos abandonados. Por la dificultad de una ubicación en el lugar de generación se denominan residuos de orígenes difusos.

- Plantas de tratamiento y otros residuos

Los residuos sólidos y semisólidos de agua, aguas sucias e instalaciones de tratamiento son llamados residuos de plantas de tratamiento. Las características específicas de estos materiales varían según la naturaleza del proceso de tratamiento. Su gestión y recogida no suele realizarse por parte de los servicios municipales. Los materiales resultantes de la incineración de madera y carbón son llamados cenizas y escorias.

- Industriales

Aquellos que se generan de las actividades industriales, procedentes de la extracción, explotación, producción o fabricación, transformación, almacenamiento y distribución de productos y, que a su vez se clasifican en cuatro grupos: residuos peligrosos industriales, industriales no peligrosos, asimilables a urbanos e inertes.

- Agrícolas

Son los rechazos que se obtienen de las actividades relacionadas con la agricultura. La gestión de los mismos no es responsabilidad de las administraciones locales, sin embargo, en muchas zonas, la eliminación del estiércol animal se ha convertido en un problema crítico, sobre todo en la ganadería intensiva y los centros lecheros.

1.5.3. Impactos por el manejo de residuos sólidos

La situación del manejo de residuos sólidos en el país, se encuentra en un estado crítico debido a la acumulación de desechos en las orillas de las carreteras, en las calles, en los basureros, en terrenos abandonados, entre otros. Todas estas acumulaciones sin medida causan grandes impactos al medio ambiente, deteriorándolo así, hasta el punto de causar efectos irreversibles.

1.5.3.1. Efectos de los residuos sólidos municipales

Los residuos municipales constituyen uno de los mayores problemas para las municipalidades actualmente, debido a que Guatemala como país, contribuye anualmente al problema de contaminación con una generación de 13 834 210³ toneladas de basura. La producción de basura diaria por persona va en aumento, agravando la situación y generando un impacto visual negativo y muchas veces un mal olor que para la mayoría de los habitantes es insoportable.

³ Instituto de agricultura, recursos naturales y ambiente (Iarna). Informe perfil ambiental de Guatemala 2008-2009.

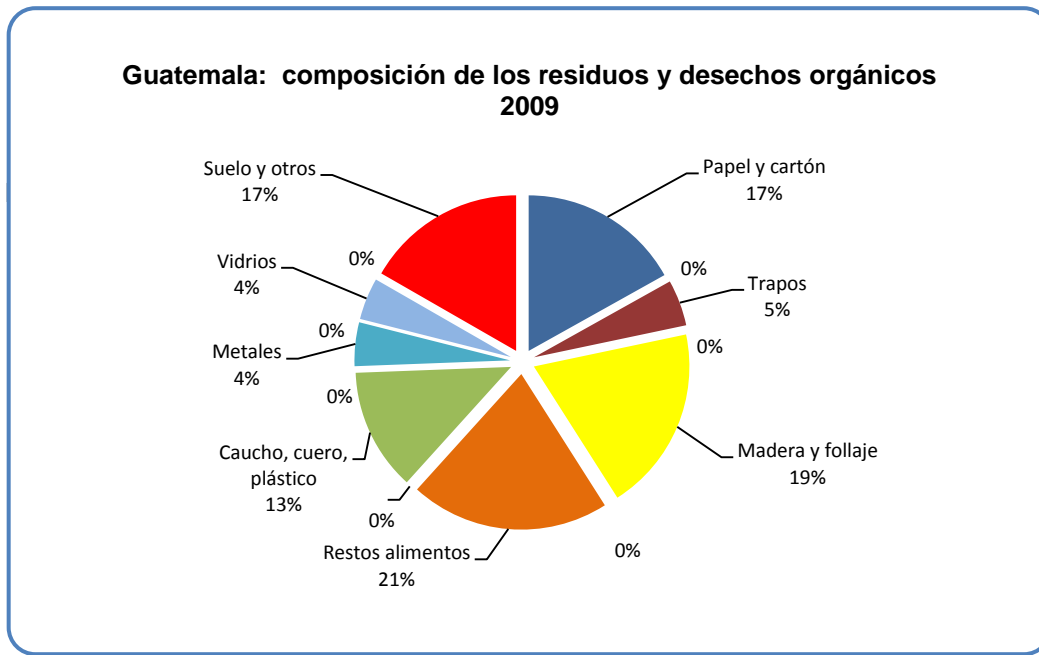
El mal manejo de los residuos sólidos tiene un impacto negativo en la salud de la población, en los ecosistemas y en la calidad de vida. Los impactos directos sobre la salud afectan principalmente a los recolectores formales e informales.

Estos impactos se agravan cuando los desechos peligrosos no se separan en el punto de origen y se mezclan con los desechos municipales, una práctica común en los países de la región. Algunos impactos indirectos se deben a los residuos en sí y los estancamientos se acumulan en zanjas y en drenajes, se transforman en reservas de insectos y roedores.⁴

En el área metropolitana, la recolección de los residuos generados, se lleva a cabo por medio de los camiones amarillos, que pertenecen a empresas autorizadas por la municipalidad. En los otros municipios la recolección se hace por algún servicio privado autorizado. Las municipalidades, por su cuenta, se hacen responsables únicamente de la recolección y traslado de los residuos recolectados, de esta manera, son trasladados tanto a vertederos municipales como clandestinos. En la figura 2 se muestra la composición de todos estos residuos para el departamento de Guatemala.

⁴ PROARCA/SIGMA. Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales en Centroamérica. 2001. p. 1.

Figura 2. **Composición de los residuos y desechos orgánicos**



Fuente: www.ine.gob.gt, Sección de estadísticas. Consulta 2 de febrero de 2012.

De los residuos que se mencionan en la figura 2, algunos como vidrio, plásticos diversos y chatarra ferrosa se aprovechan localmente, ya que se cuenta con la tecnología y la industria requerida para poder ofrecer nuevos artículos elaborados a partir de los mismos. En cambio, otros como PET, aluminio, papel y cartón, aunque tengan algún porcentaje de reúso local, tienen buena demanda en el exterior por lo que la mayor parte se exporta.

En el caso de los neumáticos usados, equipos de cómputo, textiles y solventes, los esfuerzos realizados hasta el momento, para una disposición adecuada, son bastante incipientes y realmente no se cuenta con los mecanismos necesarios que la apoyen.

El buen manejo de los residuos sólidos es responsabilidad de todos. Sin embargo, la responsabilidad principal es de las municipalidades, ya que deben de organizar y manejar el sistema de aseo público, incluida la provisión de infraestructura para el servicio de recolección y disposición final de los residuos sólidos.

El artículo 68 del Código Municipal delega en las comunas el manejo de los desechos sólidos. Sin embargo, ninguna de las 333 ha implementado programas efectivos. La mayoría de las municipalidades tiene rellenos sanitarios y vertederos, y muy pocas cuentan con una planta de tratamiento efectiva e integral. Según el IARNA, no toda la basura llega a los vertederos, solo el 35 por ciento de los desechos es recolectado por trenes de aseo, los vecinos queman el 34,81 por ciento y el 16,48 por ciento se tira en predios o ríos.

Una disposición final adecuada de los residuos municipales es una de las asignaturas pendientes de todas las municipalidades. En la tabla IV se muestra la disposición final en los diferentes departamentos de la República de Guatemala.

Tabla IV. **Estimación de la basura domiciliar por departamento en toneladas, 2009**

Disposición Final						
Departamento	Servicio municipal	Servicio privado	La queman	La tiran en cualquier parte	La entierran	Otra
Guatemala	162,136	361,445	530,196	459,722	170,829	61,732
El Progreso	537	2,567	10,937	3,694	811	473
Sacatepéquez	2,650	6,002	3,640	2,004	1,894	2,639
Chimaltenango	6,579	13,634	23,479	17,061	11,792	7,758
Escuintla	13,623	11,538	51,313	11,522	2,940	2,073
Santa Rosa	2,813	3,321	21,545	11,303	1,948	608
Sololá	8,193	1,180	7,998	17,164	9,811	2,182
Totonicapán	2,699	987	19,312	15,144	21,345	2,603
Quetzaltenango	18,274	4,503	29,172	16,883	13,754	2,781
Suchitepéquez	6,248	9,118	34,606	14,695	2,450	1,189
Retalhuleu	3,231	4,073	24,857	6,787	994	391
San Marcos	6,594	5,164	37,919	50,667	25,644	8,936
Huehuetenango	4,501	4,006	15,281	50,373	17,352	3,565
Quiché	2,816	4,17	20,812	57,079	23,346	5,595
Baja Verapaz	2,037	644	9,141	13,142	3,297	918
Alta Verapaz	2,267	8,443	42,341	49,348	13,976	2,001
Petén	364	2,055	22,569	6,272	734	247
Zacapa	3,617	2,934	14,695	7,902	520	257
Chiquimula	5,522	3,677	14,543	22,647	1,608	1,272
Jalapa	1,646	3,346	11,038	15,207	6,165	1,147
Jutiapa	2,908	3,795	26,064	17,634	2,098	1,409
Izabal	1,643	8,372	30,641	8,074	1,115	584

Fuente: www.ine.gov.gt, Sección de estadísticas. Consulta 2 de febrero de 2012.

Ante esta situación es de vital importancia que todos los municipios afronten un adecuado manejo de los residuos sólidos generados en sus localidades, teniendo en cuenta, entre otras consideraciones, el nivel de educación ambiental de la comunidad, capacidad de pago por la prestación del servicio de limpieza, la complementariedad de los sistemas de tratamiento y la disposición final y el costo de los procesos que conllevan la recolección, transporte, tratamiento y disposición final.

La disposición final de todos los residuos que no tienen un valor económico debe de realizarse en un territorio adecuado para no contaminar el ecosistema y disminuir los impactos como la pérdida de suelo fértil, inundaciones, producción de olores, proliferación de vectores, etc. Cada sitio de disposición final tiene una vida útil idealmente de 20 a 30 años.⁵

1.5.3.2. Efectos de los residuos sólidos en la salud

Las alteraciones ecológicas provocadas por la inmensa cantidad de residuos generados, traen como consecuencia diversos cambios que empeoran el nivel de vida de determinadas zonas y desencadenan efectos que pueden resultar desastrosos para la salud humana y el medio ambiente.

Entre los distintos problemas de tipo sanitario se pueden citar los efectos sobre el medio en sus distintos factores ambientales como agua, aire, suelo, entre otros, que trae como consecuencia trastornos a la población y daños irreparables a los ecosistemas (contaminación de ríos y lagos, contaminación de las aguas freáticas, extinción de especies vegetales y animales, entre otros.

⁵ PROARCA/SIGMA. Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales en Centroamérica. 2001. p. 21.

Como principales problemas sanitarios ocasionados por la mala gestión de los residuos sólidos se considera:

Contaminación del medio (agua, suelo y aire) dentro del cual se produce:

- Contaminación biótica del agua (patógenos)
- Contaminación química del agua
- Contaminación de suelos (basuras depositadas)
- Producción de olores (materia orgánica en descomposición)
- Contaminación atmosférica por emisiones gaseosas producidas por fermentación anaeróbica (metano)
- Proliferación de vectores

La contaminación biótica del agua es asociada al crecimiento de agentes patógenos que pueden ser la causa de epidemias devastadoras. Los residuos sólidos pueden contener diversos agentes patógenos, humanos y animales (virus, bacterias, protozoos y helminto), los cuales encuentran un medio óptimo para su crecimiento y proliferación. En la tabla IV se muestran diferentes agentes patógenos presentes en los residuos sólidos y la enfermedad que pueden causar.

Tabla V. **Diferentes patógenos presentes en los residuos sólidos y la enfermedad que pueden causar**

PATÓGENO	ORGANISMO	ENFERMEDAD
Virus	Poliovirus	Parálisis, meningitis
	Hepatitis A	Hepatitis A
	Hepatitis B	Hepatitis B
	Coxsackievirus	Meningitis,afeccionesrespiratorias, parálisis, fiebre
	Reovirus	Enfermedades respiratorias
Bacterias	E. coli	Diarrea
	Salmonella thyphi	Fiebre tifoidea
	Shigella	Disentería bacilar
	Vibrio cholerae	Cólera
	Yersinia enterocolítica	Gastroenteritis
	Campilobácter	Gastroenteritis
	Mycobacterium tuberculosis	Tuberculosis
	Bacillus anthracis	Antrax
	Leptospira	Leptospirosis
Protozoos	Entamoeba hystolytica	Disentería amebiana
	Giardia lamblia	Giardiasis
	Acanthamoeba castellani	Meningoencefalitis
	Balantidium coli	Disentería, úlcera intestinal
Helmintos	Ascaris lumbricoides	Ascariasis
	Taenia saginata	Teniasis
	Taenia solium	Teniasis
	Hymenolepsis nana	Himenolepiasis
	Trichuris trichiura	Trichuriasis
	Ancylostoma duodenales	Anquilostomiasis

Fuente: HONTORIA GARCÍA, Ernesto. Fundamento del manejo de los residuos urbanos. p. 56.

Algunos animales como: roedores (ratas), insectos (cucarachas, moscas, mosquitos, etc.) y algunas aves (gaviotas, cigüeñas, garcetas, etc.) también encuentran en los residuos de alimento un medio agradable para su desarrollo. Estos animales se les pueden denominar como vectores sanitarios, es decir, organismos vivos que son capaces de transmitir una serie de enfermedades causadas por microorganismos (virus, bacterias, protozoos, hongos y helmintos).

Estos vectores pueden ser:

- Mecánicos: el mismo vector actúa como mero vehículo para el transporte del microorganismo patógeno (mosca, cucaracha, etc.). Transportan el agente patógeno sobre su cuerpo recogido al posarse sobre superficies de residuos infectados. Un ejemplo es la mosca, la cual arrastra pegados a su cuerpo, numerosos patógenos que cede posteriormente a los alimentos o superficies sobre las que se posa.
- Biológicos: el microorganismo patógeno cumple una etapa de su desarrollo dentro del vector (mosquito). Los ejemplos más característicos se encuentran en los insectos hematófagos que, al alimentarse de sangre, pueden producir el contagio de todos aquellos individuos a los que pique.

En la tabla V se muestran diferentes enfermedades que son transmitidas por vectores relacionados con la mala gestión de residuos sólidos.

Tabla VI. **Enfermedades transmitidas por vectores relacionadas con la mala gestión de residuos sólidos**

CLASIFICACIÓN/ORGANISMO	ENFERMEDAD
Mosquito	Paludismo
	Filariasis
	Fiebre amarilla
Piojos	Pediculosis
	Tifus exantémico
Pulgas	Tifus murino
Moscas	Fiebres tifoideas
	Disentería bacilar
	Diarreas
Garrapatas	Fiebre recurrente
	Tifus exantémico
	Fiebres hemorrágicas
Chinches	Tripanosomiasis americana
Flebotonos	Leishmaniosis
Ácaros	Sarna
Simúlidos	Oncocercosis
MÚRIDOS	
Ratas y ratones	Salmonelosis
	Peste bubónica
	Leptospirosis
	Rabia
OTROS ORGANISMOS	
Hormigas, arañas, escorpiones, avispas, termitas, gusanos, etc.	No son vectores de enfermedad pero pueden causar molestias y incluso originar su muerte

Fuente: REYES SANTIAGO, Eugenia. Manual para el manejo de residuos sólidos. p. 7.

1.5.3.3. Efectos de los residuos sólidos en el ambiente

Uno de los efectos ambientales más obvios lo constituye el deterioro visual que generan los residuos sólidos en los paisajes naturales, ocasionado por la basura depositada sin ningún control, que aumenta cada vez más ocasionando tiraderos a cielo abierto o basura amontonada en cualquier lugar.

Cuando los residuos son amontonados y depositados sin ningún control generan un efecto negativo, que muchas veces es transmitido por medio de olores, que producen molestias en los habitantes que los sufren y en ocasiones extremas de persistencia e intensidad pueden causar grandes molestias en personas con alta sensibilidad olfativa. No obstante son causa de un empeoramiento de la calidad de vida que puede verse traducida en una disminución del valor de las viviendas, en un descenso del turismo y hasta en la migración de las personas.

Los efectos en el ambiente más notorios se pueden distinguir de la siguiente manera:

- Contaminación del agua: el efecto ambiental más serio, pero menos reconocido, es la contaminación del agua, tanto superficial como subterránea, por el vertimiento de la basura a los ríos y lagos, así como por el líquido lixiviado, producto de la descomposición de los residuos sólidos en los tiraderos a cielo abierto. Considerando que la contaminación del agua subterránea trae consecuentes daños a la salud debido a su uso y consumo sin tratamiento.

- Contaminación del suelo: el deterioro estético de los pueblos, de los terrenos donde se localizan los tiraderos como de las áreas vecinas por el abandono y la acumulación de basura, es uno de los efectos más fácilmente observados por la población. Además, la contaminación o envenenamiento del suelo es otra de las pérdidas que traen los tiraderos, por las descargas incluso de sustancias tóxicas que son dejadas allí, por falta de aplicación de medidas de control.
- Contaminación del aire: en la mayor parte de los hogares se acostumbra quemar los desperdicios en los patios traseros de las casas. También en los tiraderos se queman los residuos, con esto se produce una severa contaminación porque algunos plásticos contiene diversos derivados del cloro o cloritas que al quemarse emiten dioxinas y ácido clorhídrico. Estas moléculas son altamente tóxicas y están relacionadas con el debilitamiento del sistema inmunológico, afectando el desarrollo fetal y causando problemas en la piel. Entre las numerosas emisiones tóxicas, una de las principales, es la del bióxido de carbono. La emisión de este gas es una de las causas principales del gran problema ambiental que se está padeciendo.

1.5.4. Sistemas adecuados del manejo de residuos sólidos

El manejo adecuado e integral de los residuos sólidos, se compone de varios sistemas que inician desde la recolección hasta la disposición final, siendo muchas veces la disposición final un tratamiento, ya sea para disponerlos correctamente o para reutilizarlos.

1.5.4.1. Recolección

El manejo de los residuos sólidos comprende diversas etapas siendo una de las más importantes la recolección. La recolección de los residuos son acciones que deben de realizarse dentro de cada sección por los trabajadores de las mismas.

Es importante recoger y transportar los residuos a los lugares de almacenamiento dentro de cada sección, los residuos sólidos que puedan ser reutilizados deben ser almacenados de manera diferente para facilitar su transferencia. Dentro de la recolección se debe de especificar la frecuencia, métodos de trabajo y el equipo y herramienta que se utilizará para recolectar los residuos sólidos.

1.5.4.2. Transporte

Es la actividad por medio de la cual los residuos se alejan de la zona de generación. Comprende en la transferencia desde la zona de recolección hasta la estación de transferencia donde se trasladan los residuos por medio de vehículos con capacidad de realizar el transporte, normalmente dentro de las áreas de la Universidad, hasta el lugar de reuso, tratamiento o disposición final.

1.5.4.3. Disposición

Es la operación final controlada y ambientalmente adecuada de los residuos sólidos, según su naturaleza. En este lugar se disponen definitivamente los residuos sólidos.

La disposición final puede ser:

- Vertederos municipales
- Terrenos baldíos
- Plantas de tratamiento
- Plantas de recuperación

Todas estas instalaciones deben contar con las condiciones higiénicas sanitarias, ambientales, de protección y seguridad, según se establece en la legislación y normativas referentes al tema de residuos sólidos.

1.5.4.4. Tratamiento

Comprende los procesos de separación, procesado y transformación de los residuos. La separación y procesado de los residuos se realiza en instalaciones de recuperación de materiales, donde los residuos llegan en masa o separados en origen. Pasan por una serie de procesos: separación de voluminosos, separación manual de componentes, separación mecánica y empaquetado, obteniéndose una corriente de productos destinada al mercado de subproductos y otra de rechazo destinado al vertido o tratamiento térmico.

Los procesos de transformación se emplean para reducir el volumen y el peso de los residuos y para obtener productos y energía.

- Tipos de tratamientos:

- Incineración

Proceso de reducir a cenizas los desechos sólidos y otros residuos, reduciendo el volumen original de la fracción combustible de los residuos sólidos del 50-80 por ciento.

- Pirolisis

Se puede definir como la descomposición térmica de un material en ausencia de oxígeno o cualquier otro reactante. Se considera que la pirolisis comienza en torno a los 250 °C, llegando prácticamente a ser completa en torno a los 500 °C.

- Reciclaje

Es un proceso mediante el cual ciertos materiales de los residuos sólidos se separan, recogen, clasifican y almacenan para reincorporarlos como materia al ciclo productivo. Es decir, proceso que sufre un material o producto para ser reincorporado a un ciclo de producción o de consumo, ya sea el mismo en que fue generado u otro diferente.

- Recuperación

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

- 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.

- Recolección selectiva

Acción de clasificar y apartar para su posterior utilización.

- Reutilización

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

- Relleno sanitario manual

Es aquel en el que solo se requiere equipo pesado para la adecuación del sitio y la construcción de vías internas, así como para la excavación de zanjas, la extracción y el acarreo y distribución material de cobertura. Todos los demás trabajos, tales como: construcción de drenajes para lixiviados (líquidos producidos por los desechos), y chimeneas para gases, así como el proceso de acomodo, cobertura, compactación y otras obras conexas, pueden realizarse manualmente.

- Relleno sanitario mecanizado

Es aquel en que se requiere de equipo pesado que labore permanentemente en el sitio y de esta forma realizar todas las actividades señaladas en el relleno sanitario manual, así como de estrictos mecanismos de control y vigilancia de su funcionamiento.

2. SITUACIÓN ACTUAL DEL MANEJO DE RESIDUOS SÓLIDOS

2.1. Descripción de los residuos

Los residuos sólidos generados por la Sección de Concretos, Metales y Tecnología de la Madera son procedentes de los distintos ensayos físico-mecánicos que se realizan en las instalaciones de las secciones.

2.1.1. Residuos generados por la Sección de Concretos

La Sección de Concretos determina el comportamiento de estructuras a través de estudios de las propiedades mecánicas y la calidad de diversos materiales a través de ensayos. Estos materiales e insumos luego de realizar los ensayos se convierten en residuos, dentro de los cuales se encuentran:

- Probetas o cilindros de concreto
- Vigas de concreto
- Fragmentos de azufre por sublimación
- Sulfato de sodio
- Piedrín
- Arena
- Hidróxido de sodio

En las figuras 3 y 4 se muestran algunos de los residuos que se mencionaron anteriormente.

Figura 3. **Probetas o cilindros de concreto**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Figura 4. **Sulfato de sodio**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

El sulfato de sodio se utiliza para establecer la simulación de desgaste por intemperie en piedrín y arena. Esta sustancia se vierte en la arena y piedrín según la Norma ASTM C 88-99a (ver anexo 1), durante varios días hasta poder determinar el grado de desgaste que sufren debido a las propiedades del sulfato. Dentro de los recipientes plásticos que se observan en la figura 4, se cristaliza el sulfato debido a que ya no se usa, para desecharlo el personal de la sección lo convierte en líquido, mezclándolo con agua caliente y se vierte en el desagüe que se encuentra en la puerta de salida de emergencia de las instalaciones del CII.

2.1.2. Residuos generados por la Sección de Metales

La Sección de Metales provee ensayos de resistencia, tensión, flexión, etc. Todos estos ensayos generan una variedad de residuos dentro de los más comunes están:

- Ancla metálica
- Acero de construcción
- Tubería galvanizada
- Adoquín de concreto
- Bloques de concreto
- Cubos de concreto
- Tubería PVC
- Probetas de lámina de acero
- Pernos roscados
- Bloques de ladrillo
- Tuberías PEX

Cuando se realizan ensayos con materiales que no son muy comunes o que se realizan cada cierto tiempo, se generan los siguientes residuos:

- Fleje
- Esponja
- Madera plástica
- Madera
- Bambú
- Tensores
- Anclajes metálicos
- Accesorios eléctricos
- Accesorios de plomería

En las figuras 5, 6 y 7 se muestran los diferentes residuos que se mencionaron anteriormente.

Figura 5. **Residuos de la Sección de Metales 1**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Figura 6. Residuos de la Sección de Metales 2



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Figura 7. Residuos de la Sección de Metales 3



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

2.1.3. Residuos generados por la Sección de Tecnología de Madera

En la actualidad la Sección de Tecnología de la Madera se especializa en la investigación de las propiedades y aplicaciones de materiales relacionados con madera, a través de proyectos de investigación y estudio, sin embargo, también trabaja con la carpintería de la Facultad de Ingeniería la cual presta servicio en la elaboración de muebles, estructuras de madera, sillas, etc.

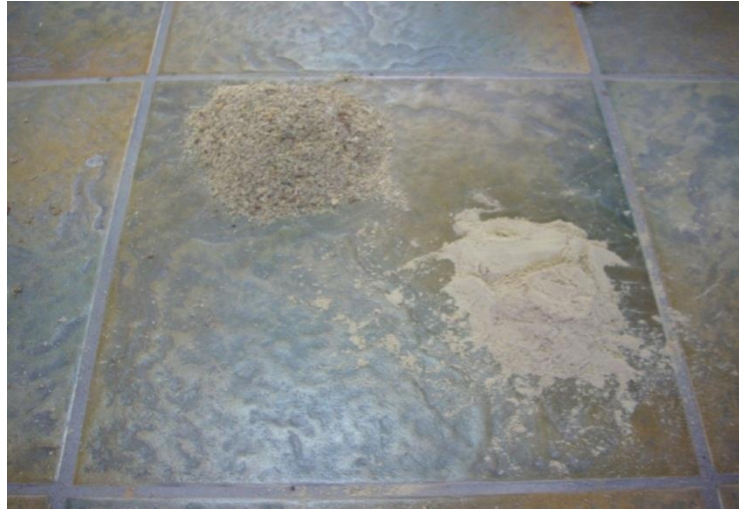
La carpintería se encuentra localizada a un costado del laboratorio de la sección, los residuos que genera son recolectados y almacenados por sus trabajadores en toneles los cuales es fácil identificarlos, ya que están pintados cada uno con el nombre del residuo que se debe depositar. En las figuras 8 y 9 se muestran los residuos que más se generan en la sección y carpintería.

Figura 8. **Viruta**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

Figura 9. **Aserrín**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

Dentro de la sección de Tecnología de la Madera se trabaja con una amplia variedad de maderas como: pino, cedro, caoba, melina, danto, bambú, palo blanco, entre otros. Todas las variedades de maderas con las que se trabaja generan principalmente viruta, aserrín y trozos de madera, éstos últimos son recolectados por personal de la sección y almacenados en estanterías para su respectiva disposición. En la figura 10 se muestra la variedad de trozos que son resultado de los trabajos que se realizan en la sección.

Figura 10. **Trozos de madera**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

2.2. Descripción de recolección actual

La recolección de los residuos de la Sección de Concretos y Metales es llevada a cabo de manera conjunta por un equipo de dos a tres trabajadores, debido a que dichas secciones realizan sus ensayos en la misma ubicación, en el primer nivel del edificio T-5. Los residuos son almacenados conforme son generados, el personal de cada sección se encarga de depositarlos en los carretones ubicados en el área de trabajo de cada sección.

Los residuos más voluminosos como bloques de concreto, vigas, probetas de concreto, son depositados siempre en los carretones, en cambio algunos como las probetas de acero, barras, ladrillos y adoquines son colocados en los alrededores del área de trabajo de las secciones o sobre máquinas que ya no se utilizan o en rincones donde se encuentre espacio.

El equipo de trabajadores encargado de la recolección se encarga de juntar todos los residuos para depositarlos en los carretones, para el almacenamiento las secciones de Concretos y Metales cuentan con dos carretones que en algunos casos cuando están saturados, deben ser vaciados por los trabajadores de tal manera de no dejarlos tirados causando que el trabajo sea más difícil. Los carretones son llevados al área de salida y por medio de equipo (ver figura 12), los trabajadores depositan los carretones en un *pick-up* (vehículo recolector) propiedad del centro, para trasladarlos hacia los terrenos o barrancos dentro de la universidad.

Algunos residuos son almacenados en diferentes lugares del área de trabajo de las secciones para ser reutilizados de distintas maneras, las probetas de concreto que durante los ensayos no fallaron son almacenadas debajo de mesas de trabajo. Los residuos generados por la Sección de Metales como probetas de acero y varios tipos de barras, son tomados por su personal y almacenados en mobiliario propiedad de la sección.

2.2.1. Puntos de recolección

Los puntos de recolección se ubican en las instalaciones de cada sección, sin embargo, en el caso de las secciones de Concretos y Metales su punto de recolección es el mismo debido a que sus instalaciones se encuentran en el mismo lugar.

2.2.2. Recurso humano laborando en la recolección actual

El sistema actual de recolección se compone de:

- Encargado: participa en la recolección y es el encargado de manejar el vehículo recolector en el traslado de los residuos.
- Dos ayudantes: encargados de recolectarlos y depositarlos en los carretones, trasladarlos y montarlos en el vehículo recolector y al llegar al sitio de disposición final, descargarlos.

La recolección de residuos en la Sección de Tecnología de la Madera es llevada a cabo por trabajadores de la sección, debido a que el volumen que genera es muy reducido, la sección no se ve en la necesidad de contratar personal para llevar a cabo dicha recolección.

2.2.3. Equipo utilizado

El personal encargado de la recolección cuenta con el siguiente equipo:

Figura 11. Carretones



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Actualmente las secciones de Metales y Concretos cuentan con dos carretones para la recolección y acondicionamiento de sus residuos.

En la figura 12 se muestra el polipasto que utiliza el personal de mantenimiento para subir los carretones en el vehículo recolector.

Figura 12. **Polipasto**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

En la Sección de Tecnología de la Madera el equipo utilizado para la recolección es un colector para viruta y aserrín. En la figura 13, se muestra el colector con el que cuenta actualmente la sección.

Figura 13. **Colector de aserrín y viruta**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

El equipo de la carpintería utilizado para la recolección, son toneles de metal, identificados cada uno con el tipo de residuo que se debe depositar. En la figura 14 se muestra uno de los toneles utilizados para recolectar aserrín.

Figura 14. **Tonel de metal para recolectar aserrín**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

2.2.4. Frecuencia de recolección

La recolección de residuos se lleva a cabo con las siguientes frecuencias:

- Sección de Concretos y Metales: día viernes.
- Sección de Tecnología de la Madera: los residuos se recolectan conforme son generados, por lo tanto no se tiene establecido un día en específico para su recolección.

2.2.5. Horario de recolección

- Sección de Concretos y Metales: 8am-12pm
- Sección de Tecnología de la Madera: los residuos se recolectan conforme son generados, por lo tanto no se tiene establecido un horario específico para su recolección.

2.3. Cuantificación de residuos

El propósito de la cuantificación de residuos de las tres secciones es para estimar las cantidades que se están generando en la actualidad y facilitar su transporte y disposición final.

Los métodos comúnmente utilizados para valorar las cantidades de residuos sólidos son⁶:

- Análisis del número de cargas
- Análisis peso-volumen
- Análisis balance de masas

Debido a las características de los residuos que genera cada sección, se utilizará el análisis peso-volumen, ya que a través de este análisis se realizará una cuantificación más exacta.

⁶ TCHOBANOGLOUS, George; THEISEN, Hilary. Gestión integral de residuos sólidos. p. 107.

Las cantidades de residuos de construcción (bloques de concreto, cubos de concreto, vigas, pedrín, ladrillos, etc.) son difíciles de estimar y variables en composición, por lo tanto para realizar su cuantificación se llevó a cabo la medición de los carretones en los cuales se recolectan. En las figuras 15 y 16 se muestran los carretones en diferentes vistas para analizar su volumen.

Figura 15. **Vista lateral del carretón**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

Figura 16. **Vista frontal del carretón**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

Se logró determinar que el volumen de un carretón es de $V= 0.35\text{m}^3$, los días viernes de cada semana las secciones de Concretos y Metales disponen 3 o 4 carretones. Por lo tanto se puede aproximar que semanalmente se genera 1m^3 de residuos de construcción.

En la tabla VII se muestra la cuantificación de los residuos generados con más frecuencia en la Sección de Metales. Los cuales fueron descritos anteriormente, toda la información para realizar la cuantificación fue brindada por el personal de la Sección de Metales.

Tabla VII. **Cuantificación en unidades de los residuos generados por la Sección de Metales en el 2011**

Residuo	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL (unidades)
Ancla metálica				3	1								4
Adoquín de concreto	2	2	5	5	4	0	2	4	2	4	1	0	71
Bloques de concreto	2	8	9	8	7	6	3	6	6	0	9	0	224
Cubos de concreto			12										12
Tubería PVC	0	5	1	3	5	0	5	0	4	8	5	0	116
Probetas de acero	4	2	5	2	1	1	0	8	2	8	1	0	34
Pernos roscados			4				5		3				12
Tuberías PEX		3	7										10
Fleje			2										2
Ladrillos	4	8	2	4				12	2	2			44
Barras (acero)	47	91	166	30	47	54	73	60	195	44	88	0	895
Tubería galvanizada	6	6	3	1		1				1			18

Fuente: elaboración propia.

Como se observa en la tabla VII los residuos que más genera la Sección de Metales son barras de acero y bloques de concreto. La cuantificación de los bloques de concreto al igual que adoquines, ladrillos y cubos se realizó a través del cálculo del volumen de los carretones.

Para determinar una estimación en peso de barras de acero que se ensayan en la Sección de Metales, dichas barras se dividieron en dos grupos debido a que en las hojas que contienen las órdenes de trabajo brindadas por el personal de la sección no se especifica en la mayoría de órdenes de trabajo, el tipo de barra (Ver Anexo 5). Por lo tanto, según información del personal, la mayoría de barras que se ensaya en la sección son de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{1}{2}$ ", 1", $1\frac{1}{2}$ " y 2". Debido a esto para facilitar la cuantificación y hacerla más clara se dividieron en dos grupos, el primer grupo contiene todas las barras con diámetro menor o igual a 1" y el otro grupo todas con diámetro mayor a 1". En la tabla VIII se muestra más específicamente la cuantificación de las mencionadas barras.

Tabla VIII. **Cuantificación de barras de acero de la Sección de Metales en el 2011**

Mes(2011)	Barras con diámetro ≤ a 1”	Peso (kg)	Barras con diámetro > a 1”	Peso (kg)	TOTAL (unidades)	TOTAL (kg)
Enero	45	38,22	2	9,03	47	47,25
Febrero	88	77,92	3	10,98	91	88,9
Marzo	155	145,39	11	46,48	166	191,87
Abril	22	18,39	8	30,35	30	48,74
Mayo	42	36,54	5	15,21	47	51,75
Junio	49	45,15	5	15,45	54	60,60
Julio	68	64,98	5	22,03	73	87,01
Agosto	60	54,43	0	0	60	54,43
Septiembre	193	181,42	2	5,52	195	186,94
Octubre	43	37,53	1	2,23	44	39,76
Noviembre	73	69,09	15	53,78	88	122,87
Diciembre	0	0	0	0	0	0
TOTAL	838	678	57	184,83	895	980,12

Fuente: elaboración propia.

Para hacer una estimación en peso de todos los residuos de metales ferrosos, en este caso el acero, que es el que más genera la Sección de Metales, se deben de tomar en cuenta también, otros como tubería galvanizada, probetas de acero y anclas metálicas, éstos son los que se ensayan con mayor frecuencia después de las barras de acero.

Sin embargo, hay otros residuos los cuales su cuantificación resulta muy difícil debido a que se ensayan con poca frecuencia como anclajes metálicos, zapatos con partes de acero, bielas, cables, láminas, etc. En la tabla IX se muestra la cuantificación de los metales ferrosos que se generan en la sección.

Tabla IX. **Cuantificación de metales ferrosos de la Sección de Metales en el 2011**

Residuo	Metal ferroso	TOTAL (unidades)	TOTAL (kg)
Barras(acero de construcción)	Acero	895	980,12
Anclas metálicas	Acero	4	10,81
Tubería galvanizada	Acero	18	25,12
Probetas de acero	Acero	34	7,07
		TOTAL(kilogramos)	1023,12
		TOTAL(quintales)	23

Fuente: elaboración propia.

El volumen y peso de plásticos como tuberías pvc, fleje, madera plástica y tuberías pex, es muy variable debido a que las muestras que se ensayan en la Sección de Metales, poseen características diferentes por que provienen de diferentes empresas. Debido a esto es difícil determinar que las 116 tuberías pvc o las 10 tuberías pex que se cuantificaron en la tabla VII, tienen un peso uniforme o un volumen determinado.

Cabe mencionar que en las hojas que contienen las órdenes de trabajo brindadas por el personal de la Sección de Metales no se especifica las propiedades como peso o volumen de la muestra que se ensaya. Por lo tanto no se hizo énfasis en esto debido a que las cantidades de plásticos que se generan en la sección no son tan representativas como en otro tipo de residuos.

En el caso de la Sección de Tecnología de la Madera los residuos que se describieron anteriormente, son los mismos que genera también la carpintería de la Facultad de Ingeniería, que se encuentra a un costado del laboratorio de la sección. Sin embargo, son recolectados de distinta manera, ya que en el caso de la sección se utiliza un colector (ver figura 13), y en la carpintería toneles de metal (ver figura 14). Para realizar una estimación de las cantidades de aserrín y viruta que se generan en la sección y carpintería se procedió a recolectar del colector y toneles de metal, aserrín y viruta en sacos de un quintal, para luego pesarlos en una balanza, como se muestra en la figura 17.

Figura 17. **Sacos con aserrín y viruta**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Sección de Tecnología de la Madera.

En la tabla X se muestran los datos obtenidos de la cuantificación del aserrín y viruta. En el caso de los trozos de madera es difícil estimar una cantidad en volumen o peso debido a que son muy variables en composición, ya que no siempre se practican los mismos cortes y aplicaciones con la madera.

Tabla X. Cuantificación del aserrín y viruta generados por la Sección de Tecnología de la Madera

Tiempo de generación: 2 semanas	Número de sacos	Aserrín y viruta
Peso (kg)	2	17,68
Volumen (m ³)	2	0,344

Fuente: elaboración propia.

Se procedió a calcular el volumen de los sacos del colector para determinar el volumen que se genera de aserrín y viruta en un período de tiempo de dos semanas, debido a que es el tiempo en el que regularmente se llenan los sacos. El volumen de un saco es de 0,172m³ y el peso de un saco es de 8,84 kg.

En el caso de la Sección de Tecnología de la Madera se recolectan en un mismo saco el aserrín y viruta, es por eso que la cuantificación es conjunta. En cambio en la carpintería se recolectan en diferentes toneles, en la tabla XI se muestran los datos obtenidos de la cuantificación de residuos en la carpintería.

Tabla XI. **Cuantificación del aserrín y viruta generados en la carpintería**

Tiempo de generación: 2 semanas	Número de sacos	Número de toneles	Peso(kg)	Volumen(m³)
Aserrín	1	1/2	8,9	0,1175
Viruta	8	4	55,6	0,94

Fuente: elaboración propia.

2.4. Descripción de disposición final actual

En las tres secciones realizan sus propios métodos de disposición final, siendo estos acorde a los residuos que cada sección genera, dichos métodos se mencionan a continuación:

2.4.1. Terrenos de disposición final

Los terrenos utilizados por muchos años para depositar los residuos generados por las secciones de Metales y Concretos dentro de la Universidad de San Carlos son prestados de buena fe, por las distintas facultades y otras instituciones.

Uno de los terrenos utilizados en la actualidad, para depositar los residuos sólidos generados por las secciones de Metales y Concretos es el barranco de la Sección de Tecnología de Materiales y Estructuras. Dicho terreno cuenta con una gran extensión en la cual han sido depositados los residuos, muchas veces arrojándolos a la profundidad del barranco.

La Facultad de Agronomía ha brindado facilidades, para depositar los residuos en sus terrenos en las orillas del barranco, dicho terreno está autorizado por la mencionada facultad y sólo pueden depositarse residuos de block, adoquín, ladrillos, probetas de concreto, etc. En estos terrenos no está permitido que sean depositados residuos que no sean clasificados como ripio, debido a que causan focos de contaminación para estas áreas de la Facultad de Agronomía.

Cabe mencionar, que se han dado ocasiones donde la Facultad de Agronomía no permite el ingreso a sus terrenos para depositar los residuos, debido a distintas remodelaciones que han realizado a sus instalaciones. En ese caso, el personal de mantenimiento encargado de la disposición final, solicita permiso a la Dirección de Editorial Universitaria, la cual se encuentra a un costado del terreno de tecnología de materiales y estructuras, para disponerlos en el barranco que se encuentra detrás de sus instalaciones.

2.4.2. Reutilización

Existe una gran cantidad de residuos sólidos que se generan en las secciones antes mencionadas, sin embargo, son pocos los que actualmente se reutilizan en beneficio de otras áreas de la universidad o ya sea fuera de la misma. Las probetas o cilindros de concreto han sido reutilizados de diferentes maneras en beneficio de la Facultad de Ingeniería y de otras facultades también. Éstas son algunas de las opciones que se manejan actualmente para reusar dichas probetas:

- Topes de estacionamiento: las probetas son utilizadas como topes de estacionamiento en los parqueos de la Facultad de Ingeniería y también son utilizadas como separadoras de estacionamientos.

- Ensayos: son utilizadas para realizar ensayos en la Facultad de Agronomía, sirven para aplicar peso en diferentes ensayos.
- Jardinización: son utilizadas para rodear áreas verdes dentro de la facultad así como árboles y plantas.

En la figura 18 se muestra como son utilizadas las probetas de concreto, para jardinización dentro de la Facultad de Ingeniería.

Figura 18. **Probetas de concreto para jardinización**



Fuente: Facultad de Ingeniería, corredor entre los edificios T-3 y T-4.

Otros residuos de la Sección de Concretos que se reutilizan son el piedrín y la arena, éstos son recolectados por el personal de la sección de concretos en sacos, y acondicionados en las instalaciones del área de trabajo de dicha sección. Para posteriormente reutilizarlos en proyectos de docencia, elaboración de probetas, remodelación de rampas de parqueo, entre otros.

En la Sección de Tecnología de la Madera, se elabora todo tipo de artesanías como: sillas, mesas, muebles, bancos, accesorios, entre otros. Dichas artesanías son elaboradas con trozos de varios tipos de madera que ya no son utilizados y a los cuales se les puede sacar provecho. En la figura 19 se puede observar mesas que fueron elaboradas por el personal de la sección.

Figura 19. **Reutilización de trozos de madera**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Sección de Tecnología de la Madera.

Todo el aserrín que se obtiene de la sierra (ver figura 10), es utilizado como abono, vertiéndolo en los árboles cercanos a las instalaciones de la sección debido a que las capas de aserrín impiden la procreación de insectos, liberación de malos olores y absorbe el exceso de humedad. Sin embargo, para este uso sólo se utiliza el aserrín obtenido de la sierra, debido a que es más grueso, en comparación del que se obtiene de la lijadora, el cual es muy fino, se vuelve muy pegajoso y no es adecuado para este fin.

En la figura 20 se muestra como es utilizado el aserrín en los árboles que se encuentran en la cercanía de las instalaciones de la sección.

Figura 20. **Aserrín en árboles**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

2.5. Descripción de transporte actual de residuos

Debido a que las secciones de Metales y Concretos cuentan únicamente con dos carretones para la recolección y transporte de sus residuos. El personal de mantenimiento debe realizar tres o cuatro viajes cada viernes, para lograr transportar aproximadamente tres o cuatro carretones. Debido a la capacidad del vehículo donde se transportan los residuos (ver figura 21), por cada viaje que se realiza hacia los terrenos que se tienen para la disposición final, solo se puede transportar un carretón.

El transporte se realiza siempre dentro de la universidad, debido a que se cuenta con permisos de otras facultades para desechar los residuos en las diferentes áreas con las que se disponen actualmente. El transporte de los residuos que serán reutilizados queda a cargo del personal de mantenimiento del CII, y en otros casos de personas interesadas que deben apartar los mencionados residuos, para que no sean recolectados y desechados.

2.5.1. Equipo utilizado

El personal encargado del transporte de los residuos cuenta con el siguiente equipo:

Figura 21. **Vehículo recolector**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Área de Tecnología de Materiales y Estructuras.

2.5.2. Rutas

Las rutas que realiza el vehículo recolector para desechar los residuos de las secciones de Concretos y Metales, se mencionan a continuación:

- Ruta 1:
 - Salida: Centro de Investigaciones de Ingeniería (edificio T-5, 1er nivel).
 - Destino: CEDA, Centro Experimental Docente, Facultad de Agronomía.

- Ruta 2:
 - Salida: Centro de Investigaciones de Ingeniería (edificio T-5, 1er nivel).
 - Destino: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Tecnología de Materiales y Estructuras.

- Ruta 3:
 - Salida: Centro de Investigaciones de Ingeniería (edificio T-5, 1er nivel).
 - Destino: Editorial Universitaria, Parque Ecológico Las Ardillitas.

Es importante indicar que la ruta 1, es el destino principal actualmente para desechar los residuos de las secciones mencionadas. Sin embargo, cuando por algún inconveniente no se pueden arrojar dichos residuos en los terrenos de la Facultad de Agronomía, se solicita permiso a las autoridades encargadas de los terrenos que se mencionan en el destino de las rutas 2 y 3.

2.6. Problemática actual

La problemática que causan todos los residuos sólidos para el CII, ha ido en aumento debido a que al pasar de los años por la falta del manejo adecuado se han acumulado en los barrancos o terrenos dentro del campus central, causando graves impactos. Un caso es lo ocurrido en el barranco de la Sección de Tecnología de Materiales y Estructuras que debido a la deforestación y las cantidades de materiales arrojados en sus orillas, originó una pérdida de terreno en la corona del talud por efecto propio de la pendiente vertical del terreno y la fuerza de gravedad.⁷ En la figura 22 se muestra el deslizamiento por peso que causó una gran pérdida de terreno.

⁷ CONTRERAS, Fredy. Evaluación de amenazas y riesgos del campus universitario. p. 6.

Figura 22. **Deslizamiento de material por efecto de peso**



Fuente: CONTRERAS, Fredy. Evaluación de amenazas y riesgos del campus universitario. p. 6.

Debido a la situación antes descrita, la Sección de Mantenimiento del CII, tuvo la necesidad de encontrar otro terreno, el cual fue prestado por la Facultad de Agronomía. Sin embargo, no permitieron arrojar los residuos sólidos al barranco debido a que los terrenos no son aptos para dicha disposición. En la actualidad los residuos se acumulan a unos metros de la orilla del barranco. En la figura 23 se puede observar como se acumulan sin medida, causando una gran contaminación visual.

Figura 23. **Acumulación de residuos**



Fuente: Facultad de Agronomía, Centro Experimental Docente (CEDA).

La falta de un terreno propio para la disposición final del ripio, se convierte en un problema para el CII, debido a que la Facultad de Agronomía, decidió no seguir prestando sus terrenos. Por lo anteriormente descrito es urgente buscar un terreno fuera del campus central, que reúna las condiciones necesarias para ser utilizado como sitio de disposición final.

Otro problema que se tiene en la actualidad es la inadecuada disposición del sulfato e hidróxido de sodio en la sección de concretos, debido a que se vierten en el desagüe, lo que causa contaminación del agua y suelo. Además, el inadecuado acondicionamiento de los residuos sólidos en las instalaciones de las secciones de Concretos, Metales y Tecnología de la Madera, causa problemas en la realización de ensayos y otras actividades del personal de las tres secciones, debido a que impiden y dificultan el paso en el área de trabajo.

3. PROPUESTA PARA UN MEJOR MANEJO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS

3.1. Sección de Concretos

Debido a las características de los residuos que genera, la Sección de Concretos es la que mayor volumen representa para el CII. Por lo tanto, se debe aplicar un manejo desde la recolección hasta la disposición final, que permita aumentar el aprovechamiento de los residuos que genera diariamente.

3.1.1 Recolección

Debido a los residuos que se analizan, el término recolección incluirá solamente la toma de los residuos sólidos de sus orígenes hacia donde serán acondicionados para ser trasladados o para su reutilización. En el caso de las probetas de concreto, vigas de concreto, pedrín y arena se deben de recolectar de la misma manera que se hace actualmente en los carretones. Las probetas que se encuentren en buen estado deben de ser seleccionadas por el personal de la sección para su respectiva reutilización, el pedrín y la arena que no sufrió durante los ensayos cambios en sus propiedades, se deben seguir recolectando en sacos como se hace actualmente.

En el caso de las placas de azufre en las probetas, se reutilizan tres o cuatro veces hasta que se contaminan y pierden las propiedades que se requieren para realizar los ensayos. Por lo tanto, se propone que las placas de azufre que el personal de la sección determina que ya no se reutilizarán deben ser removidas, logrando así remover la mayor cantidad posible de azufre de las dos caras de la probeta. En la figura 24 se muestra una probeta de concreto con su respectiva placa de azufre utilizada en el ensayo.

Figura 24. **Probeta de concreto con placa de azufre**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Las probetas que todavía tengan residuos de azufre en su superficie debido a que no se pudo remover, se clasificará como ripio especial. En la figura 25 se muestra como deben ser removidas las placas de azufre de las probetas de concreto.

Figura 25. **Residuos de placa de azufre**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

A las probetas que sufrieron fallas durante el ensayo y se convierten en ripio, se les debe de remover todo el azufre que sea posible, sin embargo, si el personal observa residuos de concreto que contengan aun azufre. Deben clasificarlo como ripio especial y depositarlo en sacos, y los que no contengan restos de azufre se clasificarán como ripio general y se depositarán en el carretón para probetas de concreto.

El hidróxido de sodio que se utiliza en la sección, luego del ensayo queda mezclado con arena en un balón volumétrico. La mezcla del hidróxido con la arena se debe depositar en recipientes plásticos o de vidrio con boca grande y tapadera para su posterior disposición.

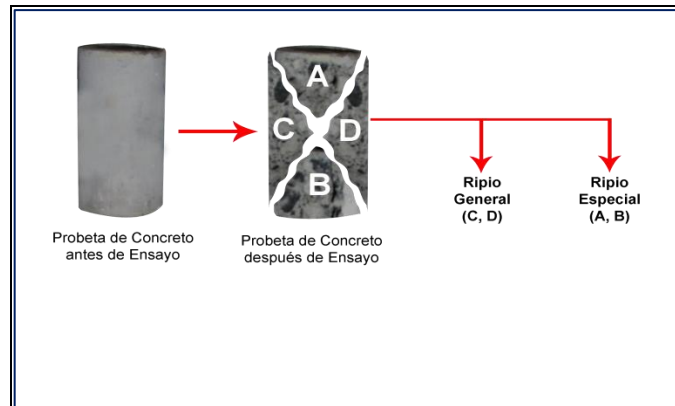
La recolección del sulfato de sodio se recomienda se siga haciendo en recipientes plásticos o de vidrio con boca grande y tapadera. Ya que al momento de establecer una marcha química del tratamiento y purificación del sulfato debe haber facilidad en la manipulación del reactivo.

3.1.2. Clasificación

Las probetas que no sufrieron fallas durante el ensayo se clasificarán como probetas sin falla, y se acondicionarán para su reutilización. Las probetas con falla se pueden clasificar como ripio general y especial. El ripio general son todos los fragmentos de la probeta que no tienen restos de azufre en su superficie, y el ripio especial es todo aquel que todavía contenga restos de azufre luego de haber sido removida por el personal de la sección.

En la figura 26 se muestra la clasificación propuesta con base en los restos de azufre en una probeta, los lados A y B de la probeta son los que tienen contacto con las placas de azufre, por lo tanto se clasificarán como ripio especial y los lados C y D se clasificarán como ripio general.

Figura 26. **Clasificación de residuos de probetas de concreto con falla**



Fuente: elaboración propia.

Los fragmentos de azufre que ya no se reutilizarán y que fueron removidos de las probetas de concreto se depositarán en sacos al igual que el ripio especial, los sacos deberán estar en buen estado y debidamente identificados.

3.1.3. **Acondicionamiento**

Las probetas sin falla se deberán acondicionar como se hace actualmente, debajo de mesas que se encuentran en el área de trabajo de la sección, ya que en dichos espacios no dificultan ningún trabajo (ver figura 3). Los sacos de ripio especial y azufre, se deberán acondicionar, en el mobiliario del área de trabajo de la sección, debido a que cuenta con suficiente espacio y de esta manera no se exponen al público. En el caso de los sacos de piedrín y arena que no se utilizaron en los ensayos, se acondicionarán en un espacio a un costado de la entrada del área de trabajo, donde no obstaculizarán el paso y facilitarán su posterior traslado. En la figura 27 se muestra el lugar donde se deberán acondicionar estos sacos.

Figura 27. **Acondicionamiento de sacos de piedrín y arena**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Los residuos de sulfato e hidróxido de sodio, ya sea en recipientes de plástico o de vidrio, se deberán seguir acondicionando en el mobiliario ya establecido por la sección, para su posterior disposición.

3.1.4. Sitios de disposición final

Debido a la falta de un terreno propio para la disposición final de los residuos sólidos de las secciones de Concretos y Metales, ha obligado a buscar un terreno aledaño afuera del campus central que reúna las condiciones necesarias y que sea autorizado por la municipalidad del municipio donde pertenezca el sitio de disposición final. Se realizó una visita a la dirección de servicios públicos de la Municipalidad de Villa Nueva, para solicitar autorización para la disposición final de los residuos del CII.

Como resultado de esta visita, dicha dirección autorizó que el ripio de las secciones de Metales y Concretos pueda ingresar al vertedero de ripio los días viernes por la mañana, ubicado en la 3ª avenida y 8ª calle zona 12, Ciudad Real II que es propiedad de la Municipalidad de Villa Nueva (ver anexo 6). En la figura 28 se muestra la entrada del vertedero de ripio.

Figura 28. **Vertedero de ripio**



Fuente: Vertedero propiedad de la Municipalidad de Villa Nueva, 3ª avenida y 8ª calle zona 12, Ciudad Real II.

Es importante mencionar que en dicho vertedero solo se dispondrán bloques de concreto, ladrillos, arena, piedrín, adoquines, cubos de concreto, vigas de concreto y los restos de probetas de concreto clasificados como ripio general, éstos son los que se generan en mayor volumen en el CII, como se mencionó en la cuantificación. Sin embargo, se espera que el uso de este vertedero sea temporal, ya que la implementación de estrategias de reutilización debe ser prioridad para mejorar el manejo de dichos materiales.

El hidróxido de sodio que se utiliza en la Sección de Concretos según Norma ASTM C-4004 (ver anexo 2), se aplica como método de prueba estándar para las impurezas orgánicas en agregados finos para el hormigón. La propuesta para la disposición final del hidróxido de sodio sin arena es el siguiente: si el hidróxido se queda visible y en terrones grandes se debe disminuir la humedad de dicha mezcla y este proceso se puede realizar por medio de un secado al sol o con un secador eléctrico o híbrido.

En el caso de que el hidróxido adherido a la arena se encontrará en solución acuosa se propone mezclar la arena en agua, determinar el pH para corroborar si queda alcalino, si esto fuera así se separaría la arena por filtración y el agua alcalina se trataría por aparte con una neutralización con ácido fuerte. Si el hidróxido quedara visible en terrones grandes se propone el mismo tratamiento de prepararlo en solución analítica para su neutralización. Después de dicha separación y obtención del hidróxido de sodio sólido se propone prepararlo en solución acuosa, determinando su pH con un potenciómetro o papel indicador de pH, el cual se espera que tenga un valor de 13 aproximadamente por ser una base fuerte.

Posterior a esta determinación, si el pH fuera alcalino se propone una neutralización con ácido clorhídrico que tiene una fuerza iónica para contrarrestar el efecto de dicho compuesto y luego se procede a diluir con agua para lograr un efecto neutro y poder desecharlo en suelos o en la alcantarilla.

3.1.5. Estrategias de reutilización

En la Sección de Concretos se realizan ensayos en donde se elaboran, curan, protegen y transportan probetas de concreto bajo condiciones de campo, según la Norma ASTM C 31-90 (ver anexo 4). Debido a la realización de ensayos bajo esta norma, se genera como residuo hidróxido de calcio. En la actualidad, se efectúa una inadecuada disposición final de dicha sustancia química, ya que se vierte en el desagüe, al igual que el sulfato de sodio (ver sección 2.1.1.).

La propuesta es plantear un plan de investigación en el laboratorio químico o análisis de laboratorio donde se analice la mezcla del sulfato de sodio y del hidróxido de calcio en función al producto de solubilidad de ambos componentes, dicha mezcla podría generar un producto con una formulación parecida a un fertilizante rico en sulfatos, que coadyuvaría a la alcalinización de los suelos en terrenos de plantaciones de coníferas que son especies forestales que tienden a acidificar los suelos. Lo que lleva a generar un tratamiento químico de producción de fertilizantes.

El azufre recolectado en sacos, debe ser analizado y sometido a pruebas para utilizarlo en la fabricación de pólvora, que es parte esencial en la elaboración de juegos pirotécnicos (cohetes), que son autóctonos de Guatemala. Pues según bibliografía los componentes más comunes para hacer pólvora son clorato de potasio, azufre, óxido de plomo y aluminio.

El azufre utilizado en la Sección de Concretos, es azufre a partir de la sublimación, de la síntesis del ácido sulfúrico, y de alguna manera podría ser opción de utilizar este subproducto como materia prima para la elaboración de pólvora para juegos pirotécnicos como ametralladoras, bombas, entre otros.

La pólvora, generalmente contiene entre 10 por ciento y 15 por ciento en su mezcla de azufre, que es utilizado como combustible. Sin embargo, las cantidades de los insumos utilizados varían de acuerdo a la calidad que el fabricante desea darle al producto. Cada insumo es mezclado con un orden específico, tomando en cuenta que cada vez que se agrega un producto deberá removerse con el anterior y a la vez cernirlos para un producto de volumen más fino. A esto se le llama carga, una fábrica prepara tres o cuatro cargas diarias aproximadamente.

Todos los residuos clasificados como ripio, pueden ser reutilizados como capa de relleno, en proyectos de repavimentación y remodelación de diferentes obras dentro de la Facultad de Ingeniería y también de cualquier otra facultad dentro de la USAC. En la figura 29 se muestra como utilizaron estudiantes de la carrera de ingeniería civil, los residuos de concreto como capa de relleno para la remodelación de varios parqueos dentro su facultad, aprovechando grandes cantidades de ripio.

Figura 29. **Reutilización de residuos de concreto como capa de relleno para remodelación de parqueos**



Fuente: parqueo de la Facultad de Ingeniería, USAC.

En la figura 29 se logra observar cómo los residuos pueden servir para rellenar todo tipo de huecos, baches o juntas deterioradas, luego se vierte el cemento previamente mezclado en la superficie y se procede con el acabado, como se muestra en la figura 30.

Figura 30. **Remodelación de parqueos utilizando residuos de concreto como capa de relleno**



Fuente: parqueo de la Facultad de Ingeniería, USAC.

Uno de los puntos importantes de la propuesta de reutilización de los residuos de concreto, es aumentar el aprovechamiento de éstos en obras de remodelación, para esto se deberá informar sobre las estrategias de reutilización, a la División de Servicios Generales de la USAC, que es la encargada de administrar las funciones de ejecución, supervisión, mantenimiento y el control de todas las obras físicas de la universidad.

Es importante que el personal de la División de Servicios Generales de la USAC, conozca las distintas estrategias de reutilización, ya que cuando requieran material, sólo deberán realizar una solicitud a la Sección de Concretos. Otra de las estrategias de reutilización que también debe darse a conocer, es la utilización de probetas sin falla en jardinería (ver figura 18). Debido a que pueden ser bastante útiles para rodear áreas verdes así como árboles y plantas.

3.1.6. Estrategias de reciclaje

Debido a las características de los residuos generados por la Sección de Concretos, como es el caso de las probetas de concreto o vigas de concreto, una de las estrategias más beneficiosas de reciclaje comienza en la reducción en tamaño.

Reducción en tamaño es el proceso unitario por el que se reduce mecánicamente el tamaño de los materiales residuales recogidos. Se utiliza el término trituración para describir las operaciones mecánicas de reducción en tamaño. El objetivo de la reducción en tamaño es obtener un producto final que sea razonablemente uniforme y considerablemente reducido, comparándolo con su forma original.

El equipo utilizado para reducción incluye todo tipo de trituradoras. La trituradora cortante está formada por dos ejes paralelos contragiratorios con una serie de discos montados perpendicularmente que sirven como cortadores. El material residual que se tritura se dirige al centro de los ejes. Se reduce el tamaño del material residual mediante la acción rasgante o cortante de los discos. El material triturado cae o se retira a través de la unidad.⁸

Sin embargo, la Sección de Concretos antes de plantearse adquirir una trituradora para implementar un proceso de reducción en tamaño, deberá realizar estudios de investigación que determinen si los residuos que genera poseen las propiedades físicas y mecánicas adecuadas para ser reutilizados como agregados reciclados.

Dichos estudios consistirán inicialmente en la clasificación y separación de los residuos, para luego reducirlos a un tamaño acorde a los límites establecidos en Normas ASTM que establecen los procedimientos y análisis adecuados para agregados reciclados. Luego de obtener los resultados de los estudios, la Sección de Concretos determinará si es viable o no, basándose en la calidad de los agregados, implementar un proceso de trituración.

Para llevar a cabo el proceso de trituración, el CII deberá obtener una trituradora de mandíbula o de quijada que cumpla con especificaciones de calidad y no se desgaste tan fácilmente debido a las características y volumen de los residuos de la Sección de Concretos.

⁸ TCHOBANOGLOUS, George; THEISEN, Hilary. Gestión integral de residuos sólidos. p. 78.

En la figura 31 se muestra la trituradora propuesta, la cual contiene una mandíbula serie PE-400 que tiene características de alta trituración y se puede usar para triturar materiales cuya fuerza de compresión es menos de 320MPa.

Figura 31. **Trituradora de mandíbula serie PE-400**



Fuente: Beta Representaciones. Consulta: 15 de febrero de 2012.

Los agregados reciclados que se pueden obtener de la trituración pueden ser de diferentes tamaños, dependiendo de las especificaciones del equipo que se obtenga, en el caso de la trituradora propuesta la salida del agregado es de $\frac{3}{4}$ " a $2\frac{1}{2}$ ". Estos agregados dependiendo de sus propiedades y características pueden ser utilizados satisfactoriamente en la reconstrucción de pavimentos, rellenos, estructuras y en concreto nuevo como la única fuente o como reemplazo parcial del agregado nuevo.

Se pueden elaborar probetas o cubos de concreto, fabricados con agregados reciclados del concreto viejo, y someterlos a ensayos según Normas ASTM que especifiquen las utilizaciones de los agregados en concreto para determinar la calidad de los mismos. Por lo tanto, con los resultados de los estudios de investigación sobre la calidad de los agregados, se puede determinar si la trituración es una estrategia de reciclaje óptima para la sección.

3.1.7. Estrategias de reducción

La reducción de residuos en la Sección de Concretos, es muy difícil de implementar debido a que las Normas ASTM en que se basan los ensayos que se realizan en la sección, se establece el tamaño y volumen correcto de los materiales, por lo tanto no se pueden reducir para generar menor cantidad.

En el caso de las probetas de concreto y vigas, se puede reducir su volumen al golpearlas con una herramienta llamada almádana, sin embargo, esto se debe llevar a cabo únicamente cuando estos residuos ocupan un gran espacio y dificultan su traslado. Este trabajo de reducción con almádana, es difícil de realizar e implica mucha fuerza por parte del personal de mantenimiento, por lo tanto sólo se debe llevar a cabo cuando sea necesario.

3.2. Sección de Metales y Productos Manufacturados

La Sección de Metales al igual que la de concretos es una de las secciones del CII que más residuos genera. Sin embargo, por las características de sus residuos en comparación con la Sección de Concretos sus procesos de recolección hasta disposición final serán diferentes.

3.2.1. Recolección

Para la recolección en la Sección de Metales en el caso de bloques de concreto, adoquines, ladrillos, bloques de ladrillo, cubos de concreto deberán seguirse recolectando, depositándolos en los carretones como se hace actualmente. Esto debido a que la mayoría son destruidos en sus respectivos ensayos. La frecuencia de recolección de estos carretones, seguirá siendo los días viernes por la mañana. Sin embargo, lo que indicará cuándo deben recolectarse los residuos, será cuando los carretones se encuentren llenos y ya no tengan más capacidad.

Para llevar a cabo una recolección más ordenada, limpia y que facilite el traslado de los residuos es recomendable adquirir dos o tres carretones más para el área de trabajo de las secciones de Metales y Concretos. Actualmente, la mayoría de veces los carretones se saturan y se colocan los residuos en el piso generando complicaciones y contaminación visual dentro del área de trabajo. En la figura 32 se muestra un carretón con exceso de residuos.

Figura 32. Carretón con exceso de residuos



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Como se observa en la figura 32, muchas veces los carretones tienen demasiados residuos y eso dificulta el traslado para el personal de mantenimiento.

Los nuevos carretones de preferencia deben contar con tapaderas de metal, las cuales ayudarán a que cualquier persona que visite las instalaciones no observe los residuos y para evitar accidentes, ya que muchas veces se ensayan probetas de vidrio las cuales se disponen también en los carretones. La recolección del acero de construcción, probetas de lámina de acero, pvc, tuberías pex, y todos los que sean clasificados como metales y plásticos deberán seguirse recolectando de la misma manera, ya que éstos son recolectados luego de sus ensayos y almacenados en las instalaciones de la Sección de Metales. Para después trasladarlos a las empresas encargadas de su reciclaje.

3.2.2. Clasificación

La clasificación se debe llevar a cabo diferenciando en el momento de la recolección los distintos tipos de residuos. En la tabla XII se muestra como deberán clasificarse.

Tabla XII. **Clasificación de residuos de la Sección de Metales**

Clasificación	Descripción	Tipos de residuos
Metales ferrosos	Hierro y acero	Acero de construcción, probetas de lámina de acero, tubería galvanizada, ancla metálica, anclajes metálicos, muestras de zapatos, cables, bielas, láminas.
Metales no ferrosos	Aluminio, cobre, bronce	Tensores, accesorios eléctricos, accesorios de plomería, pernos roscados, láminas.
Plásticos	Cualquier tipo de plástico	Tuberías PVC, tuberías PEX, fleje, madera plástica.
Residuos de construcción		Bloques de concreto, cubos de concreto, vigas de concreto, bloques de ladrillo, adoquines.
Madera	Bambú y varios tipos de madera	Probetas, cubos y briquetas de madera

Fuente: elaboración propia.

Para llevar a cabo una clasificación más específica de los residuos de construcción, se debe acondicionar separando los adoquines, bloques de concreto, bloques de ladrillo, cubos de concreto. Cada tipo debe ser acondicionado de forma separada. En el caso de los bloques de concreto, que se desechan en gran cantidad, la propuesta es indicar un carretón en específico donde sólo se acondicione este tipo de residuo.

Es importante mencionar que en el 2011, del 100 por ciento en volumen de metales que desechó la Sección de Metales y Productos Manufacturados. El 85 por ciento fue acero, 10 por ciento aluminio y el otro 5 por ciento otros metales. Por lo tanto, efectuar una clasificación como se propone en la tabla XII, facilitará la recolección, transporte y disposición final, no sólo de los metales, sino de todos los residuos que desecha la Sección de Metales y Productos Manufacturados.

3.2.3. Acondicionamiento

El acondicionamiento de residuos de metales ferrosos, no ferrosos y plásticos deberá seguir siendo en el mobiliario de las instalaciones de la Sección de Metales, debido a que tanto en su área de trabajo como en su área administrativa, la sección cuenta con espacio suficiente y mobiliario adecuado.

3.2.4. Sitios de disposición final

En el caso de los residuos clasificados como de construcción, éstos son recolectados y acondicionados conjuntamente con los residuos de la Sección de Concretos, por lo tanto el sitio propuesto (ver figura 24), será el mismo para los residuos de ambas secciones.

Guatemala es un centro de procesamiento de chatarra a nivel centroamericano, grandes cantidades de chatarra son importadas de Centroamérica para su recuperación en Guatemala. Según informaciones del Banguat el volumen de chatarra que ingreso al país durante el año 2003 fueron 113 444 toneladas para ser fundidas y recuperadas.

Generalmente, los metales ferrosos y no ferrosos se encuentran combinados, por lo que uno de los trabajos que realizan las llamadas chatarreras o recicladoras de chatarra es la separación de los distintos metales.⁹ Aparte de SIDEGUA, la cual procesa un promedio de 23 a 24 mil toneladas de todo tipo de chatarra por mes, no existe otra empresa que actualmente se encuentre realizando el proceso de fundición para recuperación del material ferroso. En cuanto al material no ferroso la empresa más importante para la reutilización de residuos de aluminio en Guatemala es la empresa Doña María, la cual se dedica a procesar todo tipo de residuos de aluminio.

Además existen otras empresas como la Recicladora de Metales Trébol, S.A., la cual se dedica únicamente a la clasificación de la chatarra, fundición y su posterior comercialización en el extranjero.¹⁰ Los residuos de los metales ferrosos y no ferrosos previamente recolectados y clasificados deben disponerse adecuadamente a través de las recicladoras, ya sea que la empresa o empresas recojan directamente los residuos en las instalaciones de la sección o se realice el traslado directo hacia las instalaciones de las empresas a donde corresponda.

Cabe mencionar que actualmente la sección dispone sus residuos en una empresa recicladora, se desconoce los datos de dicha empresa, sin embargo se elaboró un listado con las principales empresas que se dedican al acopio y comercialización del metal.

⁹ Centro de Producción más Limpia. Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala, metales ferrosos. p. 32.

¹⁰ Centro de producción más Limpia. Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala, metales no ferrosos. p. 41.

Tabla XIII. **Listado de organizaciones relacionadas con el reciclaje de metales ferrosos y no ferrosos**

ORGANIZACIÓN	TELÉFONO/DIRECCIÓN	ACTIVIDAD
SIDEGUA	km 65,5 antigua carretera al pacifico, Masagua, Escuintla Tels: 7879-3257, 78793261	Parque siderúrgico donde se produce palanquilla, alambrón, varilla corrugada
RECIPA	3 av. 2-16 zona 9, Tel: 2362-1717	Acopio y comercialización de metales.
EXPROPRE S.A.	km 33,5 carretera al Pacifico lote 57, lotificación Los Sauces, Palín. Tel: 2428-7300	Compra de metales ferrosos y no ferrosos, envases plásticos.
SELMET	25 calle 0-19 zona 1, Tel : 7832-8469	Acopio y comercialización de todo tipo de chatarra incluyendo la electrónica.
Chatterera Arriaga	27av. 11-71 z. 4 de Mixco, Finca El Naranjo. Tel: 2436-0233	Acopio y comercialización de chatarra.
Recicladora de Metales Trébol S.A.	6ª calle 0-25 z. 12, Tel: 2471-9496	Clasificación de la chatarra, fundición y su posterior comercialización en el extranjero.
Productos Doña María	11av. 15-15 zona 11 Mariscal. Tels: 2485-7155, 2473-0271	Procesa todo tipo de residuos de aluminio.
ECOINSA	Lotificación Los Sauces #20, km 33.5 Palin, Escuintla. Tel: 2475-1429	Comercializadora de metales no ferrosos.
RECICOM	31 calle 7-14 z. 3, Tel: 2475-4654	Acopio y comercialización de todo tipo de chatarra.

Fuente: elaboración propia.

Los plásticos, de la misma manera que con los metales previamente recolectados y clasificados deben disponerse a través de las recicladoras que se dedican a la transformación de plásticos o también en empresas que acopian y trasladan los plásticos clasificados a intermediarios quienes hacen la venta directa a las fábricas. En la tabla XIV se muestra un listado de las principales empresas que se dedican al comercio y transformación de plásticos.

Tabla XIV. Listado de organizaciones relacionadas con el reciclaje de plásticos diversos

ORGANIZACIÓN	TELÉFONO/DIRECCIÓN	ACTIVIDAD
ECOPLAST	Parque Eco-Industrial zona 7, 13 calle 3-92 Tels: 2475-5756,	Compra y venta de plástico, LDPE, HDPE, PP,PET,PVC.
Reciclados de Centroamérica S.A.	Av. Petapa y 56 calle, zona 12, Tel: 2326-5688	Recicladora de plásticos.
Plástica Orión S.A.	45 calle 15-02 z. 12. Tel: 2485-0234	Compra y venta de variedad de plásticos.
RECIPA	25 calle final 43-15 z.5, Tel: 2362-1717	Acopio y comercialización de plásticos.
ECOGENICA	1 calle 1-54 z.4 Villa Nueva Tel: 6631-2472	Reciclaje y producción de (polietileno, polipropileno)
IMPOREX	Av. Elena 27-01 zona 1, Tel: 2440-0085, 2471-5995	Compuestos de PVC flexible recuperado y virgen.
Comercializadora Fresno S.A.	5av. 1-54 zona 2 Mixco Cotio. Tels: 2250-685	Reciclados plásticos, PP, LDPE, HDPE.
Reformulados Plásticos S.A.	8Av. Lote 493 Colonia Coovinta Bárcenas Villa Nueva Tel: 5905-2539	Molienda y peletización de plásticos para reciclaje
PROCICLA	37 calle 18-00 z. 12, Tel: 2442-0459	Comercialización de plásticos y aluminio.

Fuente: elaboración propia.

3.2.5. Estrategias de reutilización

Los residuos que genera la Sección de Metales y Productos Manufacturados que pueden ser reutilizados deberán ser recolectados, clasificados y separados para su respectiva reutilización antes de su acondicionamiento en los carretones o en sus instalaciones. De todos los residuos mencionados anteriormente los adoquines de concreto son los más adecuados para cumplir una estrategia de reutilización. Debido a que la mayoría tiene características adecuadas para su reciclaje y existen mercados en el país para los materiales recuperados de dicho reciclaje.

Reutilizar los adoquines que han sido ensayados, los cuales fueron partidos a la mitad debido a los ensayos a los que se exponen, pueden ser usados en jardinería, se utilizan para proteger y al mismo tiempo adornar diferentes ambientes. En la figura 33 se muestra cómo se pueden utilizar adoquines para elaborar un muro de contención para jardín.

Figura 33. Reutilización de adoquines de concreto para muro de contención de jardines



Fuente: www.lowes.com, proyectos constructivos. Consulta: 18 de marzo de 2012.

3.2.6. Estrategias de reciclaje

Debido a las características de los residuos que genera la Sección de Metales, el reciclaje es la opción más adecuada. El reciclaje como se menciona en el capítulo 1 es un proceso que sufre un material para ser reincorporado a un ciclo de producción o consumo. Sin embargo, implementar procesos como el reciclaje no sería factible para el CII, debido a los pocos volúmenes que desechan. Debido a esto, los residuos se deben comercializar a empresas que se dedican a reciclar específicamente este tipo de materiales. Cabe mencionar que la sección de metales debe conocer como las empresas utilizan dichos residuos, esto para asegurarse un adecuado manejo de los mismos.

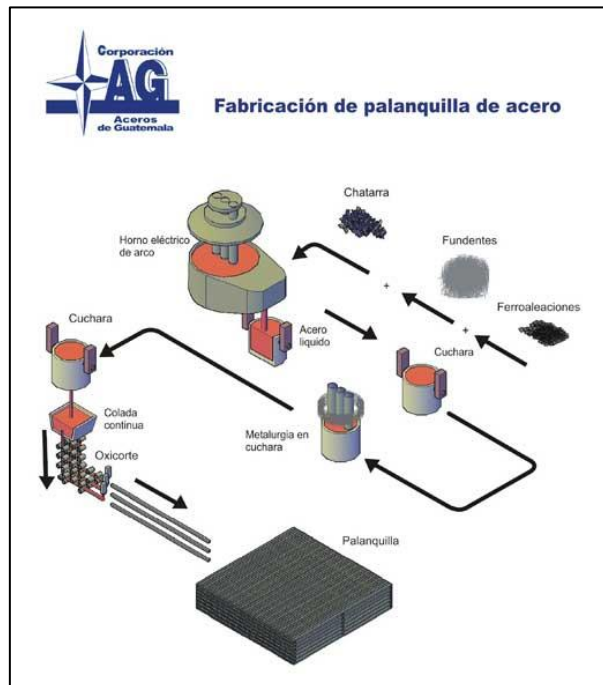
A continuación se mencionan algunas de las estrategias de reciclaje que llevan a cabo las empresas ya mencionadas, dentro de las cuales pueden ser utilizados como materia prima los residuos de metales y plásticos que genera la mencionada sección.

- Metales ferrosos

La empresa SIDEGUA procesa un promedio de 23 a 24 mil toneladas de todo tipo de chatarra por mes. Dicha chatarra se convierte en materia prima para la obtención del acero a través de un horno eléctrico de arco. SIDEGUA, convierte toda la chatarra a través de estrictos procesos, en diferentes productos como: palanquilla de acero, alambrón, varilla corrugada y malla electrosoldada.¹¹ En la figura 34 se muestra el proceso de fabricación de palanquilla de acero que lleva a cabo la empresa SIDEGUA.

¹¹ www.acerosdeguatemala.com, plantas productivas. Consulta 19 de marzo de 2012.

Figura 34. **Fabricación de palanquilla de acero**



Fuente: www.acerosdeguatemala.com, procesos de producción. Consulta: 22 de marzo de 2012.

- **Metales no ferrosos**

En la cuantificación de residuos se determinó que de los metales clasificados como no ferrosos, el metal que más genera la Sección de Metales y Productos Manufacturados es el aluminio. La empresa más importante para la reutilización de residuos de aluminio en Guatemala es la empresa Doña María, la cual se dedica a procesar todo tipo de residuos de aluminio, para fabricar desde muebles para exteriores, piezas para maquinaria, hasta artículos de uso doméstico y decorativos.

Otra empresa que se dedica a comercializar metales no ferrosos es Selmet, aquí se realiza el proceso de transformación de aluminio, el cual contiene una separación y clasificación muy estricta. Todo el aluminio que recolectan es procesado por la empresa y exportado como scrap de aluminio que es uno de sus principales productos. En la figura 35 se muestra un scrap de aluminio producido en esta empresa.

Figura 35. **Scrap de aluminio**



Fuente: www.selmetcorp.com. Consulta: 8 de abril de 2012.

- **Plásticos**

El reciclaje completo del plástico no es posible. Siempre se obtiene un producto de menor calidad que el producto original. Por esto, no se puede repetir muchas veces el reciclaje. Esto debido a la variedad de plásticos en el mercado.

Sin embargo, en los proceso de producción, las categorías de plásticos son mezcladas con varios químicos aditivos (suavizantes, colorantes, estabilizadores, ablandadores) que cambian sus propiedades. Por consiguiente, los productos hechos del mismo plástico pueden tener características diferentes, lo que afecta la calidad del producto hecho a partir de plástico reciclado.

Los plásticos que son considerados residuos para la Sección de Metales y Productos Manufacturados, se convierten en materia prima para varias empresas, siendo una de las más importantes recicladoras de plásticos en nuestro país, Reformulados Plásticos. En esta empresa, se realiza el reciclaje de polietileno de alta y baja densidad por extrusión. Dicha empresa recolecta todo tipo de plásticos, se muelen, trituran y peletizan para uso en la misma industria o para su posterior comercialización. En la figura 36 se muestra peletizado el plástico polipropileno.

Figura 36. **PP-polipropileno, peletizado**



Fuente: www.recicla.com.gt, catálogo de productos. Consulta: 11 de abril de 2012.

El PP es un plástico que para la empresa Reciclados de Centroamérica representa un amplio mercado en el país, ya que puede ser utilizado para realizar varios productos como: tuberías para agua caliente, láminas plásticas, pisos, cajas de transporte, juguetes, defensas y autopartes de automóviles, cajas de baterías.¹²

3.2.7. Estrategias de reducción

La estrategia de reducción que se sugiere llevar a cabo para minimizar la cantidad de residuos que desecha la Sección de Metales y Productos Manufacturados deberá contemplar que las empresas o personas particulares que lleven materiales para que sean ensayados, se comprometan también a llevárselos al momento que acudan a recoger sus resultados. Sin embargo, esta estrategia deberá implementarse solamente para aquellos residuos que su disposición final es muy complicada, como en el caso de la tubería PVC. Para este tipo de tubería plástica es difícil encontrar una recicladora que la adquiera, ya que la recuperación es muy costosa por la rigurosa clasificación, por ser un material clorado y que puede afectar la calidad del producto final.

3.3. Sección de Tecnología de la Madera

La Sección de Tecnología de la Madera es una de las secciones del CII que realiza un adecuado manejo de los residuos sólidos que genera. Sin embargo, existen diversas mejoras que se deben aplicar en la recolección y disposición final actual.

¹² www.recicla.com.gt, mercados. Consulta: 11 de abril de 2012.

3.3.1. Recolección

La recolección de viruta se debe seguir llevando a cabo con el colector (ver figura 13), debido a que se genera mayor cantidad en comparación con el aserrín. Por lo tanto el colector debe utilizarse únicamente para recolectar viruta. Al momento de vaciar el colector, toda la viruta deberá depositarse en sacos, para su posterior disposición (ver figura 17).

El aserrín debe ser recolectado manualmente por los trabajadores de la sección mencionada, y depositarse en sacos al igual que la viruta para su posterior disposición. Para los trozos de madera, la sección cuenta con un cajón de madera en el cual se depositan actualmente todos los trozos que han resultado de los cortes y uso de la madera. También se puede usar en este caso, toneles de metal, ya que por el volumen se pueden depositarse bastantes trozos y es más fácil trasladarlos hacia otro lugar.

Cabe mencionar que es importante adquirir un colector como el que se tiene en la Sección de Tecnología de la Madera, para la carpintería. Esto facilitaría la recolección, transporte, limpieza y el espacio físico para trabajar, ya que muchas veces se acumula mucha viruta en el piso y eso dificulta el trabajo para las personas que laboran en carpintería. Al adquirir un colector se podría contar con más espacio y se haría más fácil y rápida la tarea de recolección de viruta.

El aserrín y viruta generados en la carpintería deben recolectarse en sacos, no en toneles de metal como se hace actualmente. Para recolectar los trozos de madera, se recomienda utilizar los toneles de metal, en los cuales ya no se depositará el aserrín y viruta.

3.3.2. Clasificación

Los trozos de madera deben clasificarse por su posible uso, de la siguiente manera:

- Trozos reutilizables: todos aquellos trozos que posean dimensiones adecuadas para ser reutilizados en la elaboración de sillas, mesas, bancos, etc.
- Trozos no reutilizables: todos aquellos trozos que no posean las dimensiones adecuadas para ser reutilizados.

Cabe mencionar que la decisión sobre si un trozo posee o no, las dimensiones adecuadas para ser reutilizado, será tomada por los trabajadores de la Sección de Tecnología de la Madera, ya que ellos elaboran todas las obras donde se reutilizan dichos trozos.

Cada especie de madera genera aserrín con características distintas. Por lo tanto su clasificación debe realizarse con base en la especie de la cual pertenece el aserrín. Por ejemplo, si trabaja con pino se propone que al finalizar el trabajo se recolecte el aserrín, y sea depositado en un saco específicamente solo para aserrín de pino, de la misma manera con las diferentes especies, identificando los sacos correctamente.

3.3.3. Acondicionamiento

El acondicionamiento de sacos que contengan viruta y aserrín, debe realizarse en un lugar adecuado, donde no obstaculicen ninguna actividad y que no sufran exposición en la intemperie.

En el laboratorio de la Sección de Tecnología de la Madera, los sacos son colocados en lugares adecuados, donde no dificultan el trabajo y facilitan la recolección y transporte de los mismos. En el caso de los trozos de madera reutilizables, como se mencionó anteriormente se deben acondicionar en el cajón de madera dentro del laboratorio de la sección mencionada, y para los trozos no reutilizables se recomienda acondicionar toneles de metal, ya sea dentro o fuera del laboratorio. En el corredor afuera del laboratorio se pueden colocar uno o dos toneles.

3.3.4. Sitios de disposición final

Tradicionalmente los residuos de madera se han considerado como inocuos para el medio ambiente debido a su carácter natural y no peligroso. Estos residuos si no se eliminan correctamente perjudican al monte en forma de plagas y enfermedades en los bosques, a la vez que impiden la regeneración natural y el mayor problema es peligro de incendios.¹³ Por lo tanto, la disposición final debe ser adecuada debido a que los residuos de madera tienen un alto aprovechamiento tanto en la creación de nuevos productos, como también en su reutilización. Los aserraderos industriales generan altos volúmenes de trozos, aserrín y viruta lo que hace más fácil su comercialización.

En el caso de la Sección de Tecnología de la Madera y la carpintería, los volúmenes obtenidos son muy bajos lo que dificulta su comercialización. Sin embargo, existen personas particulares y empresas que compran estos residuos para su posterior reutilización.

¹³ Centro de Producción más Limpia. Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala, madera, p. 35.

Según el Ing. Andrés Molina, propietario de la empresa Mymisa, los residuos de trozos de madera son vendidos en función de la capacidad en volumen de un pick-up a un precio de Q. 200,00 y en el caso del aserrín y viruta son vendidos por sacos a un precio de Q. 10,00 cada uno.

La opción más factible para la disposición de los residuos de la sección mencionada es su comercialización a empresas o personas que los reutiliza. En el caso de los trozos, se usan como leña para uso doméstico y combustible, el aserrín lo reutilizan como abono en la elaboración de compost para la fertilización orgánica y mejoramiento de los suelos, y también es utilizado al igual que la viruta en las granjas de pollos, para la elaboración de camas para los animales.

Los factores que dificultan la comercialización de estos residuos son los bajos volúmenes que se generan y el transporte de los mismos. En el transporte es donde se reduce la ganancia debido a que como en el caso de la Sección de Tecnología de la Madera, las personas deben de ir a recoger los residuos a las instalaciones de la sección lo que reduciría significativamente el precio de venta. Sin embargo, los ingresos por la comercialización de dichos residuos será un valor agregado de la propuesta, ya que con el hecho de mantener limpia y libre de desechos la sección ya es un éxito.

Es importante mencionar que los residuos que genera la Sección de Tecnología de la Madera, siempre están primero a la disposición de estudiantes y practicantes, no solo de la Facultad de Ingeniería, sino de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Por lo tanto, es de suma importancia que todas las secciones del CII, apliquen este tipo de estrategias para los residuos que generan.

3.3.5. Estrategias de reutilización

Al igual que la Sección de Metales y Productos Manufacturados, la comercialización de los residuos es una disposición factible para la Sección de Tecnología de la Madera. Sin embargo, el personal de la mencionada sección, debe conocer cuáles serán las distintas aplicaciones que llevarán a cabo las personas que adquieran los residuos para asegurar un adecuado manejo.

- **Trozos:** los trozos clasificados como reutilizables por los trabajadores de la sección en la elaboración de variedad de artesanías como joyeros, lámparas, sillas, mesas, bancos, tarimas (ver figura 19). Los trozos que no se reutilizan para estas elaboraciones pueden ser vendidos o regalados a personas que los utilizan como combustible y calefacción doméstica.
- **Viruta:** la viruta al igual que el aserrín son utilizados por tiendas de animales para la realización de camas, son cotizadas en estas tiendas, ya que permiten el manejo adecuado y sanitario de las excretas. En las granjas avícolas se utiliza la viruta para la elaboración de camas para aves y el aserrín como elemento para el aseo de pisos.
- **Aserrín:** Es utilizado para la realización de abonos, debido que las capas de aserrín impiden la liberación de malos olores, la procreación de insectos y absorbe el exceso de humedad. Los abonos orgánicos son una excelente alternativa, no solo por las buenas condiciones que posee, sino que en su fabricación se utilizan desechos que pueden ser conseguidos a bajos costos.

En la figura 37 se muestra la reutilización de aserrín como abono en una de las plantaciones de helecho de cuero, el principal producto de la mencionada corporación.

Figura 37. **Helecho de cuero**



Fuente: <http://www.audiomediav.com/tak/05/>. Consulta: 2 de abril de 2012.

En la agricultura son numerosos los reportes científicos acerca de la utilización de aserrín y corteza de pino en la elaboración de compost para la fertilización orgánica y el mejoramiento de los suelos en diferentes países. Compost es el producto de la mezcla de todos los desechos vegetales y animales con el objetivo de que sufran la descomposición microbiana mediante fermentación, convirtiéndose, en un tiempo prudencial, en lo que se conoce como mantillo o humus.¹⁴

¹⁴ÁLVAREZ GODOY, Esther. Aprovechamiento de residuos madereros:
<http://www.ecoportal.net/content/view/full/21374>

Otra aplicación que tiene el aserrín en el país es para la elaboración de alfombras, como expresión cultural en época de Semana Santa. Sin embargo, se prefiere la madera de pino porque, durante el proceso de teñido, absorbe fácilmente la anilina, que es un químico a base de agua y de diferentes colores. El color se impregna aún más cuando se le agrega al aserrín o viruta un líquido preparado con agua, alcohol y ácido acético.¹⁵

3.3.6. Estrategias de reciclaje

El reciclaje tiene como objeto la recuperación, de forma directa o indirecta, de determinados componentes de los residuos. El reciclaje permite, por una parte, ahorrar recursos naturales y por otra, disminuir el volumen total de los residuos sólidos a eliminar, con el consiguiente ahorro energético y beneficio ambiental.¹⁶

El residuo de madera es un material valioso que muchas veces no se valora como tal, ya que con su transformación se puede obtener un desarrollo industrial con base en la sostenibilidad, especialmente energética. En el caso de la Sección de Tecnología de la Madera y la carpintería, los volúmenes obtenidos son muy reducidos lo que dificulta llevar a cabo un proceso de reciclaje. No obstante, a continuación se mencionan algunos de los productos que se pueden obtener del reciclaje de residuos de madera.

- Astilla de madera
- Pellets de madera
- Briquetas energéticas

¹⁵ <http://www.laantigua-guatemala.com/Alfombras%20de%20aserrin%20multicolor.htm>. Consulta: 12 de abril de 2012.

¹⁶ Guía para la gestión de los residuos sólidos urbanos, Dirección Provincial de Servicios Comunes de la ciudad de la Habana. p. 41.

- Tableros de aglomerados

En la actualidad existe una gran variedad de tableros de aglomerados dentro de los cuales están: aglomerados de fibra de densidad media (MDF), melanina, cartón piedra, enchapado, táblex, cubiertas de cocina, plywood, aglomerados con chapa de madera, entre otros.

3.3.7. Estrategias de reducción

Para reducir las cantidades de residuos que se generan, la Sección de Tecnología de la Madera debe continuar capacitando a sus trabajadores como lo hecho hasta ahora, ya que con los conocimientos y experiencia adquiridos por los mismos, se ha logrado perfeccionar los cortes en madera en cuanto a velocidad, espesor y precisión logrando aprovechar al máximo el producto al cual se le aplican los distintos cortes, y así minimizar la producción de aserrín y viruta.

Los trabajadores de la sección, actualmente antes de iniciar cualquier tipo de corte, analizan la pieza de madera, tanto en su entrada como en las diferentes etapas de su procesamiento, logrando así optimizar el rendimiento de cada pieza de madera.

Es importante mencionar que los trabajadores, deben continuar trasladando sus conocimientos y experiencias a los estudiantes que realizan sus prácticas finales en la mencionada sección, ya que con esto ayudan a fomentar en los estudiantes conocimientos que los lleven a un mejor aprovechamiento de los recursos, y por ende a una reducción de los residuos de los mismos.

3.4. Transporte

El transporte de los residuos es uno de los factores más importantes en un manejo adecuado de los mismos. Por lo tanto, se debe establecer una logística de transporte que reduzca los costos y el tiempo que se invierte en el transporte actual de los mismos.

3.4.1. Tipo y tamaño de los vehículos

Para minimizar el número de viajes que se deben realizar para disponer los residuos y reducir el tiempo que se invierte en el transporte actual de los mismos, se recomienda que el CII, adquiera un camión con palangana hidráulica, el cual facilitará la recolección, transporte y manejo de todos los residuos sólidos de todas las secciones del CII.

Este camión puede ser adquirido fácilmente en el mercado nacional y su costo dependerá de sus características y calidad (ver anexo 8). En la figura 38 se muestra el camión propuesto, el cual puede cumplir con el trabajo necesario.

Figura 38. Camión propuesto marca HINO



Fuente: www.hino.com.gt. Consulta: 13 de julio de 2012.

Es importante mencionar que la adquisición de este vehículo beneficiará en cualquier necesidad de transporte que tengan todas las secciones del centro. Debido a que muchas veces se necesita comprar materia prima la cual por ser llevada a las instalaciones del centro eleva su costo. En otras ocasiones se necesita transportar materiales o maquinaria que no cabe en los vehículos que se tienen actualmente y se tiene que contratar por el servicio de transporte.

3.4.2. Equipo de apoyo para los vehículos

El equipo de apoyo utilizado por el personal de mantenimiento y de cada sección para la recolección de los residuos, facilita el transporte y disposición de los mismos. Por lo tanto, este equipo debe encontrarse siempre en buen estado. En el caso del polipasto (ver figura 12), la Sección de Mantenimiento debe encargarse de su adecuado mantenimiento, ya que es de vital importancia el buen funcionamiento, para montar los carretones en el vehículo.

La Sección de Mantenimiento debe velar por mantener siempre en buen estado los carretones con los que cuenta actualmente cada sección y también los nuevos que se recomienda adquirir. Los carretones siempre deben estar limpios y no deben contener desechos que no sean generados por las secciones donde están asignados. De igual forma las llantas de los carretones deberán funcionar de manera óptima y deberán estar pintados e identificados como propiedad del CII.

Cabe mencionar que el vehículo que se utilice para el transporte, ya sea el camión u otro vehículo debe de contar con dos palas de metal, tres pares de guantes industriales y tensores de cincho. Esto es para que al momento de que cualquier sección necesite utilizar el vehículo, cuente con equipo para manejar cualquier tipo de material.

3.4.3. Rutas

El alcance de la ruta que deberá realizar el camión recolector (ver figura 37), para disponer los residuos de las secciones de Metales y Concretos clasificados como ripio, será hacia el vertedero que se mencionó anteriormente (ver figura 28), ubicado en la 3ª avenida y 8ª calle zona 12 Ciudad Real II que es propiedad de la Municipalidad de Villa Nueva (ver apéndice 1).

3.4.4. Descripción de distribución de carretillas

Las carretillas o carretones es el equipo utilizado para recolectar los residuos en las secciones de Metales y Concretos (ver figura 9). Sin embargo, actualmente solo cuentan con dos y todas las semanas se observan saturados (ver figura 25), debido a que los volúmenes que generan actualmente estas secciones son grandes y se cuentan con pocos carretones. Por lo tanto para realizar una mejor recolección y clasificación se recomienda adquirir tres. Se deberán pintar del mismo color que los actuales e identificarlos como propiedad del CII, también se les debe colocar un número respectivo que indicará lo que se debe depositar en ellos.

A continuación se describe la numeración de los carretones que se propone:

- Carretón 1: probetas de concreto, ripio general
- Carretón 2: vigas de concreto, pedrín y arena
- Carretón 3: adoquines de concreto
- Carretón 4: bloques de concreto
- Carretón 5: ladrillos

3.4.5. Recurso humano

La Sección de Mantenimiento cuenta actualmente con tres trabajadores los cuales realizan las tareas de recolección, transporte y disposición final de todos los residuos antes mencionados. Con la comercialización de los residuos a empresas, se minimizará el trabajo de dichos trabajadores, ya que las empresas se encargarán del transporte y disposición final de los mismos. Por lo tanto el personal de mantenimiento se limitará a su labor de limpieza, y en el caso de que cualquiera de las tres secciones necesite su apoyo, se solicitará a través del jefe de la sección.

3.5. Análisis financiero

La implementación de las estrategias para establecer una mejora en el manejo de los residuos, de las tres secciones del CII, antes mencionadas, generará diversos costos los cuales se mencionan a continuación:

3.5.1. Costos de implementación de estrategias

Para llevar a cabo un adecuado manejo de los residuos sólidos de las tres secciones en estudio, el CII necesitará invertir en la compra de maquinaria y equipo para facilitar la recolección, transporte y disposición final de los residuos.

A continuación, se muestran los costos de inversión:

- Maquinaria

Como se mencionó anteriormente, la sección de concretos deberá adquirir una trituradora para reducir en tamaño los residuos de construcción que genera. En la tabla XV se muestra las especificaciones de la trituradora propuesta.

Tabla XV. **Especificaciones de trituradora propuesta**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Trituradora de mandíbula PE-400, capacidad (t/h): 15-60, peso (t): 7, dimensión total (m): 1.7X1.7X1.6, motor gasolina de 25HP.	Q. 272 150,00

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que para calcular el costo total de la adquisición de dicha máquina, se tomaron en cuenta los siguientes costos:

- Mantenimiento: el costo promedio en repuestos para el primer año, para una trituradora de este tipo es de aproximadamente 5 por ciento del capital fijo invertido, por lo que se calcula que el mantenimiento preventivo será de aproximadamente Q. 13 607,00 al año. En este costo sólo se incluye repuestos para la maquinaria.

- **Instalación:** dentro de los gastos de instalación se incluye la realización de la cimentación donde se ubicará la trituradora, el transporte y otros gastos imprevistos.
- **Depreciación:** los porcentajes aplicados se apegan a las cifras señaladas en el artículo 19. Porcentajes de depreciación de la Ley sobre el Impuesto sobre la Renta de la República de Guatemala, de 1997.
- **Mano de obra:** la trituradora se operará únicamente los días viernes de cada semana en un turno de 8 horas al día. Por lo tanto se necesitará contratar a una persona para que labore únicamente los días viernes en un horario de 8am-5pm. En la tabla XVI se muestran los costos de la mano de obra.

Tabla XVI. Costos de mano de obra

Descripción del puesto	Hora ordinaria	Diario	Mensual	TOTAL (4 días al mes)
Operador de trituradora	Q.8,50	Q.68,00	Q.272,00	Q.272,00

Fuente: elaboración propia.

- **Combustibles:** en lo referente a combustibles, el motor de la trituradora es de 25 Hp gasolina, dicho motor consume ½ litro/hora de gasolina. En la tabla XVII se muestran los costos de combustibles.

El salario fue establecido según el Acuerdo Gubernativo No. 520-2011 donde se especifica el salario mínimo de la República de Guatemala. El precio del galón de gasolina al 13 de julio de 2012 es Q. 34,26 fue establecido según datos del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala. Por lo tanto, el gasto mensual en combustibles para el funcionamiento de la trituradora es Q. 137,00.

Tabla XVII. Costos de combustibles

Descripción	Horas trabajadas al día	Consumo de combustible al día	Consumo de combustible al día	Consumo de combustible al mes(4 días)
Motor de 25 Hp gasolina	8	4 litros	1 galón	4 galones

Fuente: elaboración propia.

A continuación en la tabla XVIII se muestra el costo total por adquirir la trituradora serie PE-400 en el primer año:

Tabla XVIII. Costo total de trituradora serie PE-400

Concepto	Año 1
Inversión inicial	Q. 272 150,00
Instalación	Q. 8 000,00
Mantenimiento (5 %)	Q. 13 607,00
Depreciación (20 %)	Q. 54 430,00
Mano de obra	Q. 3 264,00
Combustibles	Q. 1 644,00
TOTAL	Q. 353 095,00

Fuente: elaboración propia.

- Vehículos

En la tabla XIX se muestran las especificaciones del camión propuesto.

Tabla XIX. Especificaciones de camión propuesto

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
1	Camión marca HINO, serie XZU710L-HKFQL3, modelo 2012, capacidad (ton): 5.25, motor: diesel, plataforma hidráulica de dirección inclinable y ajustable.	Q. 409 781,45

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que para calcular el costo total de la adquisición de dicho vehículo, se tomaron en cuenta los siguientes costos:

- **Mantenimiento:** el costo promedio en repuestos para el primer año, para una vehículo de este tipo es de aproximadamente 5 por ciento del capital fijo invertido, por lo que se calcula que el mantenimiento preventivo será de aproximadamente Q. 20 489,07 al año. En este costo sólo se incluye repuestos para la maquinaria.
- **Depreciación:** los porcentajes aplicados se apegan a las cifras señaladas en el artículo 19. Porcentajes de depreciación, de la Ley sobre el Impuesto sobre la Renta de la República de Guatemala, de 1997.

A continuación en la tabla XX se muestra el costo total por adquirir el camión marca HINO, en el primer año:

Tabla XX. Costo total de camión propuesto

Concepto	Año 1
Inversión inicial	Q. 409 781,45
Mantenimiento (5 %)	Q. 20 489,07
Depreciación (5 %)	Q. 20 489,07
TOTAL	Q. 450 759,59

Fuente: elaboración propia

En la tabla XXI se muestran los costos del equipo que también se necesitarán adquirir para la implementación de las estrategias propuestas anteriormente.

Tabla XXI. **Costo total de equipo**

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	COSTO
3	Carretones de lámina de acero inoxidable de 3/16", rodos especiales para carga de 5"	Q.13 500,00
20	Sacos de capacidad para un quintal, para recolectar azufre (2), ripio especial (2), viruta (12), aserrín (4).	Q.40,00
2	Palas de metal	Q.160,00
3	Pares de guantes industriales	Q.345,00
5	Tensores de cincho	Q.250,00
	TOTAL	Q.14 295,00

Fuente: elaboración propia.

Luego de calcular varios costos, se logró determinar que la inversión total en maquinaria, vehículos y equipo que deberá hacer el CII para la implementación de estrategias en el primer año asciende a Q.818 149,59.

3.5.2. Método de análisis

El análisis de la inversión total se realizó para un período de tiempo de 10 años (ver apéndice 4), debido que en este tiempo se puede reflejar diversos factores de la inversión como que en el quinto año la depreciación de la trituradora se vuelve cero. Por lo tanto, el costo anual de la inversión desciende significativamente.

3.5.3. Enfoque del análisis

El análisis financiero indica que la inversión total en maquinaria, vehículos y equipo para la implementación de estrategias de mejora se dividirá en dos aspectos. Siendo el primero la inversión inicial, la cual se realizará en el primer año. El segundo, el costo operativo anual de dichos activos, que es de Q.113 923,14 durante los primeros cinco años. Dicho rubro se puede también representar mensualmente, que es de Q.9 493,59. Los siguientes cinco años, el costo operativo anual desciende significativamente a menos de la mitad, siendo éste Q.54 493,14 por año y Q.4 541,09 por mes.

Es importante considerar que el proyecto de inversión no es lucrativo, por lo que no se tendrá un periodo para recuperar la inversión. Sin embargo, los beneficios de la inversión se verán representados por un cambio significativo en el manejo de los residuos sólidos, de las tres secciones en estudio. Cabe mencionar que la maquinaria y el vehículo estarán a disposición de todas las secciones del CII.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Responsabilidades de cada sección

El compromiso y esfuerzo de las secciones por cumplir con sus responsabilidades en el manejo de los residuos sólidos que se generan, será de vital importancia para minimizar la contaminación y efectos que éstos causan al medio ambiente por una disposición inadecuada.

A través de reuniones y mesas de trabajo, los jefes de cada sección capacitarán a todos sus trabajadores en las tareas de recolección, clasificación y acondicionamiento de materiales. Por medio de estrategias de reutilización, reciclaje y reducción se fomenta en los trabajadores la responsabilidad en el manejo de los desechos y se establece la importancia y los beneficios que tiene para cada sección.

Los jefes de cada sección darán conocer en las reuniones con los jefes de secciones del CII, los residuos que constantemente generan y las estrategias de reutilización que se pueden realizar, con el fin de que a otras secciones les puedan servir estos residuos, en sus ensayos o en otras aplicaciones y de esta manera aumentar la reutilización de los mismos, siempre en beneficio del CII.

Es importante, por parte de las secciones, establecer antes de realizar ensayos nuevos o no muy frecuentes, los procedimientos a seguir para una adecuada disposición final de materias primas e insumos que se utilicen en dichos ensayos. Debido a que muchas veces se comienzan a realizar, sin antes establecer que se hará con los residuos que estos generen.

El buen funcionamiento del polipasto (ver figura 12), y los carretones (ver figura 11), así como el cuidado del vehículo recolector y su equipo de apoyo, son responsabilidades de la Sección de Mantenimiento. Esta sección también tiene a su cargo la recolección, transporte y disposición final del ripio, en el sitio propuesto (ver figura 28). Los trabajadores deben verificar al momento de depositar los residuos en el vehículo recolector que no haya ningún otro tipo de residuos.

El jefe de la Sección de Mantenimiento es necesario que realice una adecuada planificación de las tareas de cada trabajador, y en los horarios que ya se tienen establecidos todas las tareas de recolección, clasificación, transporte y disposición final. Es importante indicar que la sección de mantenimiento juega un papel vital en el manejo adecuado de los residuos sólidos de todas las secciones del CII. Por lo tanto, el jefe de la sección mencionada debe ser un profesional ordenado, responsable y que pueda supervisar a sus trabajadores de manera objetiva.

4.2. Sección de Concretos

Para establecer las características de los reactivos que resultan como residuos, y así llevar a cabo las propuestas de reutilización y disposición final que se mencionaron en el capítulo anterior. La Sección de Concretos solicitará apoyo a la Sección de Química Industrial. Se realizarán investigaciones a través de trabajos de graduación, que contengan la elaboración de marchas químicas, que tengan como objetivo determinar las propiedades, características e impurezas que contiene el azufre, el sulfato e hidróxido de sodio, derivados por la realización de los ensayos.

La implementación de la estrategia de reutilización del ripio como capa de relleno, tiene dos aspectos, el primero es aumentar los proyectos de repavimentación y remodelación a través del apoyo de los estudiantes del curso de materiales de construcción, como se mencionó en la sección 3.1.5. Para el mencionado curso, la Sección de Concretos se encarga de impartir la práctica. El segundo es invitar al director de servicios generales de la Universidad de San Carlos de Guatemala, para informarle sobre las estrategias de reutilización de los residuos que genera la mencionada sección.

Luego de obtener resultados de los estudios de investigación sobre las propiedades físico-mecánicas que poseen los residuos de la Sección de Concretos para reutilizarlos como agregados reciclados. Se compararán dichas propiedades con las de un agregado natural, para identificar las diferencias que existen. También se elaborarán probetas y vigas de agregado reciclado y someterlas a ensayos, para luego comparar los resultados con los de probetas de agregado natural.

Es importante mencionar que los residuos de probetas y vigas serán analizados de forma separada, no se deben mezclar, debido a que los métodos con los que fueron realizados son diferentes, por lo tanto puede influir en los resultados.

Al realizar estos estudios, se conocerá la calidad de los agregados reciclados. Por lo tanto, se podrá recomendar o sugerir con fundamentos a la directora del CII, la adquisición de la máquina trituradora que se propuso en el capítulo anterior. Esta trituradora será instalada en el área de tecnología de materiales y estructuras, debido al ruido y polvo que generará su utilización.

4.2.1. Frecuencia de recolección

Para la recolección en la Sección de Concretos, en el caso de probetas de concreto, vigas, ladrillos, bloques de ladrillo se recolectarán como se hace actualmente, depositándolos en los carretones. La frecuencia de recolección de estos carretones, seguirá siendo los días viernes por la mañana. Sin embargo, lo que indicará cuándo deben recolectarse los carretones para llevarlos al sitio de disposición final, será cuando los carretones se encuentren llenos y ya no tengan más capacidad.

4.2.2. Horario y tareas de recolección

El horario de la recolección de los carretones, por parte de la Sección de Mantenimiento seguirá siendo el mismo, a partir de las ocho de la mañana hasta el mediodía.

El sulfato e hidróxido de sodio que se trasladarán para sus diferentes análisis, se depositarán en recipientes plásticos de boca grande con tapadera, con su respectiva identificación para facilitar su manipulación. En la figura 39 se muestra los recipientes que deben utilizarse para recolectar los reactivos.

Figura 39. **Recipientes plásticos para recolectar sulfato e hidróxido de sodio**



Fuente: Facultad de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Los fragmentos de azufre son removidos con espátulas de metal, desarmadores y martillos, de las probetas de concreto, y se colocan en bandejas de metal como se muestra en la figura 40.

Figura 40. **Fragmentos sólidos de azufre**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Recolectados todos los fragmentos en la bandeja de metal, se procede a depositarlos en sacos identificados con nombre. Estos sacos se acondicionarán en el mobiliario que se encuentra en el área de trabajo de la Sección de Concretos. En la figura 41 se muestra el mobiliario en donde se acondicionarán los sacos.

Figura 41. **Mobiliario para el acondicionamiento de sacos con fragmentos de azufre**



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

4.2.3. Clasificación

Las probetas de concreto que sufrieron fallas durante cualquier ensayo (ver figura 26), pero que no tienen restos de azufre se depositan en el carretón 1, al igual que las probetas que no sufrieron fallas, que no tengan restos de azufre y que no serán reutilizadas. Todos estos residuos serán clasificados como ripio general, también las vigas de concreto, pedrín y arena que se depositan en el carretón 2. Por lo tanto, todo lo que contengan los carretones 1 y 2, será clasificado como ripio general.

Todo el ripio clasificado como especial es el que contiene restos de azufre (ver figura 26), éste debe ser depositado en sacos, correctamente identificados y colocados en el área donde se acondiciona el pedrín y arena (ver figura 27), para que posteriormente se tamice, y lograr así separarlo del azufre y clasificarlo como ripio general.

Las probetas que se encuentran en mejor estado, sin fallas y que no contengan restos de azufre, se clasificarán para su posterior reutilización, y seguirán acondicionándose debajo de mesas, ubicadas en el área de trabajo de la sección (ver figura 3).

4.2.4. Distribución de equipo para acondicionamiento de los residuos

Como se mencionó anteriormente, en el carretón 1 se depositarán vigas de concreto, pedrín y arena. Este carretón estará ubicado a un costado de la entrada de las instalaciones administrativas de la Sección de Concretos, pegado a la malla de protección del área de trabajo. En este punto el carretón no entorpece la realización de ninguna actividad y facilita su traslado a los trabajadores de mantenimiento por la cercanía al área de salida donde se depositan los residuos en el vehículo recolector.

La ubicación del carretón 2, seguirá siendo la misma, atrás de la máquina de compresión de cilindros, ya que en este punto se facilita el traslado de las probetas para los trabajadores de la sección, por su cercanía y no obstaculiza ningún paso. En la figura 42 se muestra la ubicación adecuada del carretón 2.

Figura 42. Ubicación adecuada del carretón 2



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Para acondicionar los sacos de azufre y ripio especial se seguirá utilizando el mueble de metal que se encuentra ubicado en el área de trabajo de la Sección de Concretos. La ubicación de este mobiliario es adecuada, por lo tanto no es necesario cambiarlo de lugar (ver figura 40).

4.3. Sección de Metales y Productos Manufacturados

El jefe de la Sección de Metales, según el listado que se muestra en las tablas XIII y XIV, determinará con que empresa comercializará los residuos que genera la sección mencionada.

Al igual que con la Sección de Concretos, la Sección de Metales reducirán a un tamaño adecuado, los adoquines, bloques de concreto, bloques de ladrillo y cubos de concreto, según Normas ASTM sobre agregados. La Sección de Metales, solicitará apoyo a la sección de concretos para que analicen las propiedades físicas y mecánicas de los agregados a través de ensayos que establecen las normas mencionadas. Con los resultados de dichos ensayos, se obtendrá la calidad de los agregados reciclados, y así se podrá determinar si también se pueden utilizar en la reconstrucción de pavimentos, rellenos, estructuras, etc.

4.3.1. Frecuencia de recolección

La recolección de residuos, por parte del personal de la Sección de Metales y Productos Manufacturados se seguirá llevando a cabo conforme éstos son generados. La recolección de los carretones por parte de la Sección de Mantenimiento se seguirá efectuando los días viernes, al igual que en la Sección de Concretos, debido a que su ubicación es la misma.

4.3.2. Horario y tareas de recolección

El horario de recolección de los carretones por parte de la Sección de Mantenimiento seguirá siendo el mismo, a partir de las ocho de la mañana hasta el mediodía.

Los trabajadores de la sección depositarán en el carretón 3, únicamente adoquines de concreto, en el 4 bloques de concreto y cubos de concreto, y en el 5 bloques de ladrillo. En el caso de los plásticos y metales, serán recolectados luego de ser ensayados, y acondicionados de manera ordenada en los espacios que se encuentran detrás de las maquinas universales tinius olsen y baldwin. Las barras de acero, será acondicionadas en el mueble de metal que se encuentra también detrás de las mencionadas maquinas universales.

4.3.3. Clasificación

La clasificación se llevará a cabo posterior a la recolección, efectuándola como se menciona en la tabla XII, sin embargo, se puede realizar más específica en otros residuos, por ejemplo en los plásticos, clasificándolos por la categoría a la que pertenecen (ver tabla III). Es muy importante clasificar, ya que de esta manera se facilita su transporte y su disposición final.

4.3.4. Distribución de equipo para acondicionamiento de los residuos

La ubicación del carretón 3, el cual contendrá únicamente adoquines de concreto seguirá siendo la misma, a un costado de la máquina de compresión tonoindustrie, como se muestra en la figura 43.

Figura 43. Ubicación adecuada del carretón 3



Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, edificio T-3, nivel 1.

Los carretones 4 y 5 se ubicarán en un espacio donde no entorpezcan ninguna actividad, detrás de las máquinas universales. Al ser colocados de manera ordenada facilitarán el transporte de los residuos a los trabajadores de la sección, por su cercanía a las máquinas con las que se realizan los ensayos.

4.4. Sección de Tecnología de la Madera

El jefe de la sección, se encargará de asignar a su personal las distintas tareas de recolección, clasificación y el acondicionamiento del equipo para almacenar los residuos.

4.4.1. Frecuencia de recolección

En la Sección de Tecnología de la Madera es muy difícil establecer un día específico para recolectar, debido a que el trabajo es variante, por lo tanto la frecuencia de recolección, se establece conforme se va saturando el equipo de recolección, como el colector (ver figura 13). Ya que en ese momento no se contará con más espacio en el equipo. Cabe mencionar que al igual que las otras secciones, se recolectarán los residuos conforme se van generando.

4.4.2. Horario y tareas de recolección.

Los residuos se recolectan conforme son generados, por lo tanto no se puede establecer un horario exacto en que se deben recolectar.

Cuando los sacos del colector estén llenos de viruta, se procederá a quitarlos del colector, vaciarlos en sacos (ver figura 17) y acondicionarlos en espacios en el área de trabajo, donde no se entorpezca ninguna actividad. Estos sacos estarán identificados con el nombre del residuo que contienen.

4.4.3. Clasificación

En el caso del aserrín y los trozos de madera, la recolección y clasificación se llevará a cabo al mismo tiempo que se generan. El aserrín será recogido por los trabajadores manualmente y depositado en sacos identificados con el nombre de la especie de la cual proviene.

Se debe efectuar de esta manera y debido que al momento de recolectar el aserrín todo junto, se mezcla y no se obtiene un aserrín uniforme. En cambio sí se clasifica por especie, la disposición final es más fácil, ya que cada especie posee distintas características.

Los trozos de madera se clasifican por su posibilidad para reutilizarlos, como reutilizables y no reutilizables, esta clasificación es realizada con base en los conocimientos y experiencia en maderas de los trabajadores de la sección. Debido a que ellos determinan si los trozos cumplen con las características adecuadas para reutilizarlos en la elaboración de mesas, sillas, bancos, estructuras y artesanías. Los trozos que son adecuados son depositados en un cajón de madera dentro del área de trabajo de la sección, y los no adecuados en toneles de metal.

4.4.4. Distribución de equipo para acondicionamiento de los residuos

En el caso de la Sección de Tecnología de la Madera se utiliza un cajón de madera para acondicionar los trozos reutilizables, este cajón actualmente se encuentra en el área de trabajo del laboratorio de la sección, su distribución es adecuada, debido a que no dificulta la realización de ningún trabajo y su cercanía a las otras máquinas facilita el traslado de los trozos.

Para los trozos no reutilizables se utilizan los toneles de metal, los cuales están distribuidos en las dos esquinas del fondo del área de trabajo, debido a que en estas ubicaciones, no se tienen máquinas y tampoco dificultarían el paso de los trabajadores.

4.5. Destino de los residuos clasificados

En la Sección de Concretos se reutilizará los residuos de probetas y vigas de concreto, como capa de relleno para cualquier obra dentro de la facultad y a través de la División de Servicios Generales, en toda la universidad. Las probetas que no sufrieron fallas, se reutilizarán para jardinería y el piedrín y la arena, que no fue ensayado servirá también para realizar obras de remodelación. Las veces que no se utilizará todo el ripio que se genera, se podrá enviar al vertedero de ripio que se propuso en el capítulo 3. Sin embargo, es de vital importancia instalar una trituradora, para que todo el residuo que no se reutilice, sea reciclado y así puede ser aprovechado.

En el caso del sulfato de sodio, luego del análisis con la mezcla del hidróxido de calcio, se podrá disponer en cualquier terreno o área verde como un fertilizante rico en sulfatos. El hidróxido de sodio, posterior a la determinación de su pH, si fuese alcalino se neutralizará con ácido clorhídrico y luego se procederá a diluirlo con agua, para poder disponerlo en las alcantarillas. Para el azufre, se venderá o regalará a fábricas que produzcan juegos pirotécnicos.

Los metales y plásticos de la sección de Metales y Productos Manufacturados, para la disposición final a donde se llevarán, será en la recicladora elegida por el jefe de la sección. Los adoquines, bloques de ladrillo, bloques y cubos de concreto, se reutilizarán también, como capa de relleno para remodelaciones dentro y fuera de la Facultad de Ingeniería, al igual que como se mencionó con los residuos de la Sección de Concretos. Las cantidades que no se reutilicen, podrán ser también dispuestas en el vertedero de ripio antes mencionado, siempre anteponiendo una reducción en tamaño a través de la trituración, para ser reutilizados como agregados reciclados.

Los residuos de la Sección de Tecnología de la Madera, serán vendidos a personas que los reutilizarán en distintas actividades. Como en el caso de los trozos de madera que podrá utilizarse como combustible para cocinar alimentos. Para la viruta y aserrín, las personas que los compran actúan como intermediarios, ya que recolectan alrededor de 250 a 300 sacos por semana y luego los venden a empresas que los utilizan como abono o también a industrias avícolas, para la elaboración de camas para animales como se mencionó en la sección 3.3.5.

Debido a las pequeñas cantidades de viruta y aserrín que genera la Sección de Tecnología de la Madera, se recolectarán como mínimo cuarenta sacos de viruta, para que las personas interesadas acudan a las instalaciones de la sección a llevarse los sacos, debido a que no es factible para las personas que se dedican a esta actividad gastar en transporte por pequeñas cantidades.

Cabe mencionar que los residuos que se venderán a estas personas, son todos los que ya no se pueden reutilizar en ninguna aplicación, ya que antes de disponerlos de manera final el personal de la sección siempre hace todo lo posible por reutilizarlos en elaboración de artesanías, mesas, sillas, estructuras. En algunos casos el aserrín se regala a estudiantes que lo utilizan para la elaboración de alfombras.

4.6. Beneficios esperados

Uno de los mayores beneficios esperados de la mejora del manejo de los residuos de las secciones del CII antes mencionadas, es la recuperación de áreas degradadas. Sin embargo, los beneficios ambientales que se obtendrán de dicha mejora son invaluable, ya que ayudarán a contrarrestar los efectos que hasta ahora ha causado el inadecuado manejo de dichos residuos.

4.6.1. Ambientales

Efectuando una adecuada disposición final e implementando las estrategias de reutilización de las sustancias químicas como el sulfato de sodio, se espera ya no seguir contaminando el agua y suelo. Con el paso del tiempo los impactos por una inadecuada disposición podrían ser muy graves, como la pérdida de suelo fértil y una contaminación química del agua en las alcantarillas del CII.

La disposición de los metales y plásticos, en una empresa recicladora, para su posterior proceso de reciclaje, tiene como principal ventaja son la conservación de los recursos naturales y el espacio en vertederos. Contribuye a evitar la acumulación de estos materiales en la vía pública o en vertederos a cielo abierto, que incrementan diversos tipos de contaminaciones no solo química, sino también estancamientos de agua, que causan cuando se acumulan en drenajes creando proliferación de vectores.

A través de la implementación de las estrategias propuestas se espera eliminar de manera definitiva, la acumulación de trozos, viruta y aserrín, que se encuentra actualmente en los bosques ubicados alrededor de las instalaciones de la Sección de Tecnología de la Madera, logrando evitar el peligro de incendios y erradicando totalmente la contaminación visual que dichos residuos generan.

4.6.2. Recuperación de áreas degradadas

La reutilización y reciclaje de todo el ripio que generan las secciones de Concretos y Metales, erradicará la contaminación visual en los terrenos en donde se acumulan actualmente grandes cantidades de probetas, bloques, adoquines, etc. Con la implementación de las estrategias propuestas, se recuperarán los terrenos de Tecnología de Materiales y Estructuras, así como también el de la Facultad de Agronomía.

La clausura de estos terrenos que han sido utilizados por mucho tiempo como vertederos a cielo abierto, es una de las partes más importantes de la propuesta para un mejor manejo. Esta clausura debe ser definitiva no debe permitirse por ningún motivo a ninguna sección o persona particular disponer de residuos en estos terrenos, ya que es sumamente importante mantener limpios y libres de cualquier residuo los bosques de la universidad.

5. SEGUIMIENTO O MEJORA

5.1. Resultados obtenidos

Los resultados que se obtendrán de la implementación de la propuesta se mencionan a continuación:

5.1.1. Interpretación

Para el CII es de vital importancia implementar estrategias que contribuyan a una adecuada disposición final de los residuos que se generan en sus instalaciones. Sin embargo, antes de proponerlas se logró determinar la recolección, transporte, acondicionamiento y disposición final que se realizaba actualmente. Así como las cantidades que generan y con que frecuencia las disponen, ya que han causado diversidad de problemas, como la contaminación visual en distintos terrenos dentro de la universidad y la acumulación sin medida en el área de trabajo de las secciones

Por medio de la propuesta planteada y su implementación, se brinda a las secciones en estudio las directrices a seguir para lograr un adecuado manejo, basándose en una recolección y clasificación más estrictas, a través de un mejor aprovechamiento del equipo e instalaciones de las secciones mencionadas.

Por lo tanto, todo el contenido de la investigación se puede considerar como un primer paso, para establecer un manejo integral para cada insumo que ingrese al CII, sin importar su composición y sus características.

Cabe mencionar que con el análisis financiero se logra estimar a cuánto puede ascender la inversión que el Centro de Investigaciones de Ingeniería, debe realizar para implementar algunas de las estrategias propuestas.

5.1.2. Aplicación

Como resultado de la visita a la Dirección de Servicios Públicos de la Municipalidad de Villa Nueva, el jefe de la mencionada dirección autorizó que el ripio de las secciones de Metales y Concretos pueda ingresar al vertedero los días viernes por la mañana, sin ningún costo. Esta dirección, utiliza todo el ripio, como capa para rellenar el barranco que colinda con este vertedero. Por lo tanto, a partir de la adquisición de esta autorización, la Sección de Mantenimiento dispone los residuos en dicho vertedero, logrando que ya no se acumulen sin ningún control en los terrenos dentro de la universidad y evitar así la gran problemática que el CII, ha tenido por muchos años como se mencionó en la sección 2.6.

Se logró contactar a personas que compran los residuos que genera la Sección de Tecnología de la Madera, para comercializarlos y llevar a cabo una disposición final adecuada. Es importante mencionar que en el transcurso de la investigación, jefes de otras secciones, así como la misma dirección del CII, mostraron interés en los beneficios que brinda llevar a cabo un mejor manejo de los residuos que se generan, no solo para el CII como institución, sino también, para el medio ambiente.

Por lo tanto, comenzaron a plantearse desde ya qué estrategias de reutilización, reducción y reciclaje, podrían implementarse, a través de investigaciones con trabajos de graduación de estudiantes de las diferentes carreras de ingeniería.

5.2. Mejora continua

Tomando en cuenta toda la información detallada en los capítulos anteriores y los resultados que se pueden obtener implementando la propuesta. Es importante para el CII, no detenerse en la búsqueda constante para mejorar e innovar en la solución de sus problemas a través de un plan de mejora continua que contenga mejores estrategias, equipo, capacitaciones y procesos de recolección y clasificación.

Este plan consiste en la mejora constante del manejo que se planteó en esta investigación, comenzando desde la recolección hasta la disposición final, así como la elaboración de propuestas para las otras secciones que conforman el centro, cuyo objetivo debe ser plantear soluciones para cada residuo que se genera.

Brindar oportunidad a estudiantes de las distintas carreras de ingeniería para realizar su trabajo de graduación, puede ser muy beneficioso para el plan, ya que a través de las investigaciones se pueden plantear soluciones para cada sección.

A continuación se describe los elementos del plan de mejora, que deben llevarse a cabo para cumplir con el ciclo de la mejora continua, que son planear, hacer, verificar y actuar.

- Planear: este enfoque estará fundamentado, por la definición del objetivo, que es implementar un mejor manejo y el método para cumplirlo. El primer paso, es describir la situación actual de cada sección, respondiendo a las preguntas: ¿qué tipo de residuo están generando?, ¿cuánto están generando?, ¿con qué frecuencia?, ¿dónde se están generando?, ¿cuáles son los procesos de recolección, clasificación y transporte?, ¿qué están haciendo con los residuos (disposición final)?, éstas son sólo algunas preguntas que se deben analizar. Posterior al diagnóstico, se presenta la propuesta, donde se determina la recolección, clasificación, acondicionamiento, transporte y las estrategias de reducción, reutilización y reciclaje para una adecuada disposición final.
- Hacer: establecidas las propuestas, se procede a capacitar al personal de cada sección, explicándoles detalladamente el contenido de las propuestas que se implementarán, así como sus responsabilidades para la ejecución de lo planeado. Se tiene que proveer de los recursos necesarios para el cumplimiento de las propuestas, e implementarlas según lo desarrollado en el plan. Se debe elaborar un manual que contenga el manejo de todos los residuos sólidos de todas las secciones del CII, logrando así documentar y registrar las acciones desarrolladas en cada sección.
- Verificar: en esta parte se deben establecer mecanismos de seguimiento que ayuden a verificar el cumplimiento de lo planeado. Por ejemplo: con hojas de registros en donde el personal de cada sección anote las cantidades que se generan semanalmente, para identificar si existe una reducción.

Las listas de verificación, pueden ser muy útiles para observar si se están cumpliendo los procedimientos, por ejemplo: una lista de verificación para la Sección de Concretos, donde se evalué el trabajo de la Sección de Mantenimiento, al momento de recolectar los residuos de los carretones y depositarlos en el vehículo recolector para luego trasladarlos, para su disposición final.

También se pueden llevar a cabo auditorias efectuadas por la Sección de Gestión de Calidad, donde examinen que cada sección lleve al día su documentación, y así verificar que se esté cumpliendo con lo planeado.

- Actuar: este elemento contiene las acciones correctivas que se efectuarán al momento de identificar que no se cumple con lo planeado. En este caso, se llevarán a cabo llamadas de atención por parte de la dirección del CII, a todos los trabajadores que no cumplan con lo establecido en el plan. También se debe velar por que se desarrollen nuevas propuestas que mejoren o corrijan las anteriormente establecidas.

5.2.1. Elaboración de lista de verificación

Para verificar que las secciones llevan a cabo sus trabajos según lo planeado, es importante establecer herramientas administrativas, como las listas de verificación, que ayudarán a verificar y analizar los distintos procesos que se llevan a cabo en un mejor manejo, como lo puede ser en la recolección y clasificación.

Se elaboró una lista de verificación para la recolección, clasificación y montaje de residuos de construcción de las secciones de Concretos y Metales que ayudará a identificar si se está cumpliendo con lo establecido en la propuesta (ver apéndice 2). Cabe mencionar que ésta lista se puede utilizar como punto de partida para implementar muchas más, en todos los procesos y así lograr un mejor manejo de los distintos residuos.

5.2.2. Instructivo e instrucciones de trabajo

Un punto muy importante en la implementación de la propuesta es documentar todas las mejoras que se realizarán, para llevar a cabo un proceso más detallado y ordenado y para poder analizarlo y mejorarlo en un futuro. La elaboración de instructivos de trabajo es de gran ayuda, ya que sirven para brindar de manera más exacta y dinámica las instrucciones de los trabajos que deben realizar los trabajadores de cada sección.

De esta manera, al momento de que un trabajador tenga dudas sobre cómo realizar una recolección o una clasificación, puede acudir a un instructivo en donde se especifican las instrucciones de cómo lo debe realizar.

Para describir de mejor manera esta herramienta, se elaboró un instructivo para la recolección de fragmentos de azufre por sublimación de probetas o cilindros de concreto de la Sección de Concretos (ver apéndice 3), con el objeto de utilizarlo como base para elaborar los de otras secciones.

5.2.3. Inducción

Es un proceso que cada sección debe llevar a cabo para todos sus trabajadores, el cual consiste en explicar y dar a conocer el plan de mejora continua. En la inducción se debe informar al trabajador sobre los elementos que contendrá el plan y los beneficios que obtendrá la sección implementando todo lo planeado. Se puede realizar entregándole información puntual a cada trabajador y realizando mesas de trabajo en las cuales el jefe de cada sección por medio de programas audiovisuales pueda familiarizar a su equipo de manera más dinámica y explícita.

5.3. Propósitos del plan de mejora

- Elaborar herramientas como listas de verificación que permitan identificar los puntos que no se están cumpliendo según lo establecido en el plan y aspectos en donde se necesite mejorar.
- Capacitar constantemente a los trabajadores y darles a conocer la importancia que tiene para el CII su participación en todos los procesos desde la recolección hasta la disposición final.
- Brindar oportunidades a estudiantes de las distintas carreras de la Facultad de Ingeniería, para que a través de su trabajo de graduación logren investigar y diagnosticar la situación actual. Para que puedan plantear soluciones y alternativas para una mejor disposición final de los residuos de cada sección.
- Mejorar constantemente las estrategias a través de una mejor planeación y acciones correctivas.

- Elaborar un manual que contenga el manejo de todos los residuos sólidos de todas las secciones del CII, logrando así documentar y registrar las acciones que se deben desarrollar en cada sección y los resultados obtenidos.

5.4. Justificación del plan de mejora

El plan de mejora tiene como objetivo cambiar y mejorar el actual manejo de los residuos en todas las secciones del CII. A través de este plan, se espera realizar modificaciones requeridas en los procesos de recolección, clasificación y acondicionamiento que contribuyan a disminuir la acumulación sin medida en el área de trabajo de las secciones. Estos cambios incluyen también, la propuesta de estrategias de reducción, reutilización y reciclaje de las demás secciones y la mejora de las ya establecidas. Por medio de este plan, se espera establecer mecanismos de seguimiento que ayuden a verificar el cumplimiento de lo planeado, así como acciones correctivas que sancionen a las secciones que no lleven a cabo una correcta disposición.

Es importante mencionar que el plan incluye, también la documentación y registro de todos los cambios que se realicen y los resultados obtenidos. Con el desarrollo y seguimiento de este plan, todas las secciones complementarán una asignatura básica para optar a una acreditación internacional, ya que un manejo integral de los residuos que se generan es un requisito fundamental.

5.5. Responsabilidades

Para establecer un adecuado manejo de los residuos de las secciones antes mencionadas, cada sección debe adquirir ciertas responsabilidades las cuales, contribuirán a mantener una adecuada gestión de los residuos.

5.5.1. Responsabilidades de la Sección de Concretos

La Sección de Concretos debe cumplir con todo lo establecido en el plan de mejora continua y antes de llevar a cabo ensayos con nuevos materiales se debe establecer una correcta recolección, clasificación, acondicionamiento y disposición final de cualquier residuo que puedan generar dichos ensayos. También se recomienda apoyar a estudiantes de la Facultad de Ingeniería, para que puedan elaborar su trabajo de graduación enfocados a proponer nuevas estrategias para la sección.

Es importante para el centro, que esta sección, siempre esté al servicio de las demás secciones, esto quiere decir que, si en algún momento cualquier sección necesita de un asesoramiento o apoyo para implementar alguna estrategia o ya sea que solicite ciertas cantidades de residuos que la sección genera, ésta debe apoyarla en lo que pueda, ya que es en beneficio de todo el CII.

5.5.2. Responsabilidades de la Sección de Metales y Productos Manufacturados

La Sección de Metales debe cumplir con todo lo establecido en el plan de mejora continua y antes de llevar a cabo ensayos con nuevos materiales se debe establecer una correcta recolección, clasificación, acondicionamiento y disposición final de cualquier residuo que puedan generar dichos ensayos.

Como se mencionó anteriormente, esta sección llevará a cabo la disposición final de plásticos y metales en empresas recicladoras. Por lo tanto es importante que siempre tengan conocimiento de lo que hacen estas empresas con estos materiales antes de comercializarlos, debido a que muchas los utilizan de manera inadecuada y siguen contaminando el medio ambiente.

5.5.3. Responsabilidades de la Sección de Tecnología de la Madera

La Sección de Tecnología de la Madera debe cumplir con todo lo establecido en el plan de mejora continua y antes de llevar a cabo ensayos con nuevos materiales se debe establecer una correcta recolección, clasificación, acondicionamiento y disposición final de cualquier residuo que puedan generar dichos ensayos.

El personal de la mencionada sección debe dar a conocer y motivar a estudiantes, trabajadores y personas ajenas a la universidad, la cultura de reutilización que se tiene dentro de la sección. Enseñarles que con un poco de creatividad se pueden elaborar bellas artesanías, ya sea mesas, bancos, sillas, etc. Como las que se realizan dentro de la sección (ver figura 19).

También es importante que la Sección de Tecnología de la Madera continúe con el apoyo incondicional a estudiantes de la Facultad de Ingeniería en la elaboración de trabajos de investigación que proporcionen soluciones a los problemas actuales, no sólo de la Facultad de Ingeniería, sino que de toda la universidad.

Cabe mencionar que el apoyo y asesoramiento a los estudiantes en los diferentes proyectos de investigación no es solo responsabilidad de las tres secciones analizadas en este trabajo de graduación, sino debe ser en todas las secciones que forman el CII.

CONCLUSIONES

1. Debido a las características de los residuos de cada sección, éstos serán recolectados conforme son generados, de manera ordenada y por un equipo de personas capacitadas previamente. La frecuencia de recolección de los carretones de la Sección de Concretos y Metales, se continuará efectuando por la Sección de Mantenimiento de la siguiente manera: día viernes. Horario: 8:00 horas y 13:00 horas.
2. En el caso de la Sección de Tecnología de la Madera, también se recolectan los residuos conforme se generan. Sin embargo, es difícil establecer un día en específico para la recolección, debido que el trabajo dentro de la sección mencionada es variante. Por lo tanto la frecuencia de recolección, se establece conforme se va saturando el equipo de recolección, ya que en ese momento no se cuenta con más espacio en el equipo para acondicionar residuos.
3. La cuantificación se llevó a cabo con el propósito de establecer una estimación de las cantidades generadas de residuos sólidos en las tres secciones en estudio. Se utilizó el análisis peso-volumen debido que a través de este método, se pueden establecer medidas más exactas. Determinadas las cantidades que se generan por semana o por mes, cada sección puede planificar de mejor manera el transporte y disposición final de los residuos, así como realizar proyecciones de cantidades a generar más adelante que permitan tomar decisiones de cambios en el momento preciso.

4. Con el desarrollo e implementación de estrategias de reducción, reutilización y reciclaje se pueden establecer lineamientos que ayuden, no sólo a minimizar la cantidad de residuos que se disponen inadecuadamente, sino que aprovecharlos en beneficio de la universidad. Los mayores beneficios de llevar a cabo las estrategias propuestas son ambientales, ya que contribuyen a evitar las grandes consecuencias que pueden causar al medio ambiente dichos materiales como: pérdida de suelo fértil, contaminación de alcantarillas, deslizamientos de tierra, proliferación de vectores, etc.
5. Las secciones de Metales y Tecnología de la Madera deben conocer de manera específica el destino de los residuos que hayan sido recolectados y clasificados para su posterior venta a distintas empresas. Debido que muchas veces dichas empresas no reutilizan los residuos de manera responsable y lo único que generan es más contaminación.
6. Mediante la constante capacitación de trabajadores de las tres secciones en estudio, se contribuye a mejorar la problemática que generan los malos hábitos sobre el manejo de residuos sólidos en el CII, el objetivo principal de dicha capacitación es fomentar una conciencia ambiental sobre residuos sólidos, para que el trabajador en general y estudiantes en particular, actúen responsablemente y colaboren a evitar la contaminación del medio ambiente.

7. Un punto básico del manejo integral de los residuos sólidos que generan las secciones en estudio, será establecer antes de realizar ensayos nuevos o no muy frecuentes, estrategias para la adecuada disposición final de materias primas e insumos, que se utilicen durante la realización de dichos ensayos. Debido a que muchas veces se comienzan a realizar estudios, sin antes establecer qué se hará con los residuos que éstos generen.
8. La reutilización y reciclaje de todo el ripio que generan las secciones de Concretos y Metales, erradicará la contaminación visual en los terrenos en donde se acumulan actualmente grandes cantidades de probetas, bloques, adoquines, etc. Con la implementación de las estrategias propuestas, se recuperarán los terrenos de Tecnología de Materiales y Estructuras, como también el de la Facultad de Agronomía.
9. Por medio del análisis financiero se logró determinar que la inversión en maquinaria, vehículos y equipo para la implementación de las estrategias propuestas en el primer año es de Q.818 149,52. Dicha inversión se analizó para un período de tiempo de diez años. El costo operativo anual de dichos activos durante los primeros cinco años será de Q.113 923,14 y los siguientes cinco de Q.54 493,14. Es importante considerar que el proyecto de inversión no es lucrativo, por lo que no se tendrá un período para recuperar la inversión.

10. Como resultado de las distintas visitas que se realizaron a la Dirección de Servicios Generales de la Municipalidad de Villa Nueva, se logró que dicha dirección autorizara que los residuos clasificados como ripio de las secciones de Concretos, Metales y Productos Manufacturados puedan ser depositados en un vertedero de ripio, propiedad de la Municipalidad de Villa Nueva, los días viernes por las mañana (ver anexo 6). Cabe mencionar, que en la autorización que se obtuvo por medio de la Dirección de Servicios Generales, se establece que el uso del vertedero no será cobrado y se podrán depositar los residuos sin ningún problema y sin ningún límite de tiempo.

RECOMENDACIONES

1. Las tres secciones en estudio deberán seguir apoyando y brindando oportunidades a estudiantes de las distintas carreras de la Facultad de Ingeniería, para realizar trabajos de graduación, esto será muy beneficioso para alcanzar una mejora continua, ya que a través de la realización de constantes estudios de investigación, se podrán proponer mejores soluciones a las problemáticas de cada sección del CII.
2. El jefe de la Sección de Mantenimiento debe efectuar una adecuada planificación de las tareas de cada trabajador, para realizar eficientemente y en los horarios que ya se tienen establecidos todas las tareas de recolección, clasificación, transporte y disposición final. Esto, para evitar que se acumulen sin medida los residuos en las áreas de trabajo de las diferentes secciones.
3. Los jefes de cada sección deben dar a conocer en las reuniones con los jefes de secciones del CII, los residuos que constantemente generan y las estrategias de reutilización que se pueden realizar, con el fin de que a otras secciones les puedan servir estos residuos, en sus ensayos o en otras aplicaciones y de esta manera aumentar la reutilización de los mismos, siempre en beneficio del CII.

4. Deberá realizarse un balance de todos los materiales que ingresan y salen del CII mensualmente, el cual debe incluir de manera específica las características y composición de todos los materiales e insumos que se utilizan en los ensayos de todas las secciones del CII.
5. Al implementar la propuesta, documentar todas las mejoras que se realizarán, para llevar a cabo un proceso más detallado y ordenado y así poder analizarlo y mejorarlo en un futuro.
6. La Sección de Mantenimiento debe planificar constantemente el mantenimiento preventivo del equipo de recolección, así como su respectiva renovación, para evitar la acumulación sin medida de residuos sólidos en el área de trabajo de las secciones en estudio.
7. Los nuevos carretones deberán contar con tapaderas de metal, las cuales ayudarán a que cualquier persona que visite las instalaciones del CII, no observe los residuos que se generan y lograr así evitar contaminación visual en el área de trabajo de las secciones en estudio.
8. Antes de poner en operación la propuesta, deben realizarse actividades que contribuyan con la disminución de la resistencia a la nueva política sobre el manejo adecuado de residuos sólidos, éstas deben ser formadas por conferencias donde se informe sobre la importancia que tiene para el CII, llevar a cabo un mejor manejo de los residuos de todas las secciones que lo conforman.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Aceros de Guatemala*. [en línea]. <<http://www.acerosdeguatemala.com/plantas-productivas/sidegua>> [Consulta: 5 de marzo de 2012].
2. ÁLVAREZ, GODOY, Esther. *Aprovechando los residuos madereros*. [en línea]. <<http://www.ecoportal.net/content/view/full/21374>> [Consulta 10 de febrero de 2012].
3. ARJONA, José. *Plan estratégico para la mejora continúa de la gestión de residuos urbanos de la provincia de Salamanca*. España: GIRSA, 2008. 168 p.
4. *Book of American Standard. Normas C-617-98, C-40-04, C-88-99a, C-31-90, Cement, Concrete and Concrete Aggregates Committees*. USA: ASTM, 2009.
5. BROWN SALAZAR, Doreen. *Guía para la gestión del manejo de residuos sólidos municipales/enfoque: Centroamérica*. Guatemala: PROARCA, 2003. 74 p.
6. CANO DÍAZ, Carlos Esmundo. *Estudio de factibilidad técnico económico de una planta de aserrío de madera de pino*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ingeniería, 2002. 147 p.

7. CARYSE. [en línea]. <<http://www.caryse.com/BIOMASAS.html>> [Consulta: 23 de marzo de 2012].
8. CASANOVA, Alfonso. *Manual de reciclaje de residuos agrícolas dentro de las buenas prácticas agrícolas*. Chile: Equipo de Fucoa, 2006. 35 p.
9. CASTILLO GUZMÁN, Roxana Yanina. *Aprovechamiento de residuos de madera de caoba y manchiche para una concesión forestal del departamento del Petén*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 129 p.
10. CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA. [en línea]. <<http://cii.ingenieria-usac.edu.gt/>> [Consulta: 18 de octubre de 2011].
11. Centro Guatemalteco de Producción Más Limpia. *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala-2004*. Guatemala: PROARCA/SIGMA, 2004. 84 p.
12. ————. *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala/Plásticos diversos*. Guatemala: PROARCA/SIGMA, 2004. 34 p.
13. ————. *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala/Residuos orgánicos*. Guatemala: PROARCA/SIGMA, 2004. 40 p.

14. Centro Hondureño de Producción Más Limpia. *Inventario de 16 residuos industriales para Honduras*. Honduras: PROARCA, 2008. 196 p.
15. COLOMER MENDOZA, Francisco José. *Tratamiento y gestión de residuos sólidos*. México: LIMUSA, 2007. 319 p.
16. COLOMINA FERNÁNDEZ, Alejandro. *Guía para la gestión integral de los residuos sólidos urbanos*. Cuba: ONUDI, 2007. 138 p.
17. *Conozca la Antigua Guatemala*. [en línea]. <<http://www.laantigua-guatemala.com/Alfombras%20de%20aserrin%20multicolor.htm>> [Consulta: 12 de abril de 2012].
18. CONTRERAS, Fredy. Evaluación de amenazas y riesgos del campus universitario. Guatemala: SUSAETA, 2006. p. 6.
19. CRESPO, Miguel. *Guía de control y gestión de residuos peligrosos/manual práctico para la intervención*. España: ISTAS, 2005. 63 p.
20. CRIADO GARCÍA, Fernando. *Gestión de la calidad: fundamentos, desarrollos y aplicaciones prácticas*. España: edición digital, @tres, S.L.L. 2004. 438 p.
21. ESTRADA MARROQUÍN, Carlos Haroldo. *Propuesta para la mejora del sistema de recolección y disposición final de desechos sólidos, en la cabecera municipal de San Raymundo del departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2009. 187 p.

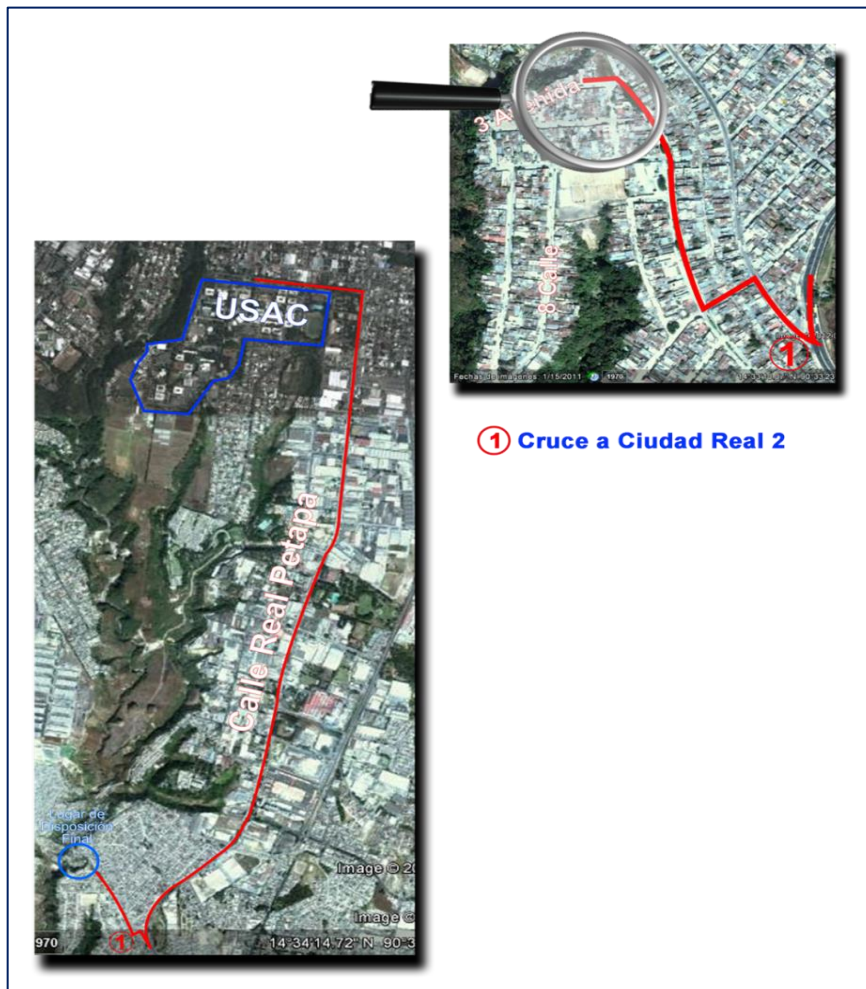
22. FUENTES VELÁSQUEZ, Urías Fredi. *Uso de la escoria de piedra triturada como agregado del concreto*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1996. 61 p.
23. GENOVÉS, Jesús Manuel. *El mercado del tratamiento de residuos sólidos en Guatemala*. Guatemala: ICEX, 2009. 47 p.
24. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la investigación*. 4a ed. México: McGraw-Hill, 1997. 265 p.
25. HINCAPIÉ HENAO, Ángela María. *Agregado reciclado para morteros*. Colombia: Universidad EAFIT, 2003. 89 p.
26. *Hino*. [en línea]. <<http://www.hino.com.gt>> [Consulta: 13 de julio de 2012].
27. HONTORIA GARCÍA, Ernesto. *Fundamento del manejo de los residuos urbanos*. España: Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2000. 756 p.
28. Instituto de Incidencia Ambiental. *Generación y manejo de desecho sólidos en Guatemala*. Guatemala: IARNA-URL, 2003. 73 p.
29. *Instituto Nacional de Estadística de Guatemala*. [en línea]. <<http://www.ine.gob.gt/np/ambientales/index.htm>> [Consulta: 2 de febrero de 2012].

30. *Lowes*. [en línea]. <http://es.lowes.com/cd_Build+a+Block+Retaining-Wall_193857656> [Consulta 12 de marzo de 2012].
31. *Madera de pinas*. [en línea]. <<http://www.pellets madera.net/2012/03/las-briquetas-de-madera.html>> [Consulta: 14 de marzo de 2012].
32. MONZÓN LÓPEZ, Edelman Cándido. *Propuesta de recolección y manejo de los desechos sólidos generados en el municipio de Quetzaltenango, departamento de Quetzaltenango*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1995. 68 p.
33. PÉREZ GÓMEZ, Jesús. *Gestión de residuos industriales: guía para la intervención de los trabajadores*. España: ISTAS, 2010. 94 p.
34. *Pellet Fuel*. [en línea]. <http://www.pelletfuel.cl/pellet_de_madera/> [Consulta 14 de marzo de 2012].
35. *Reciclados de Centroamérica, S.A.* [en línea]. <<http://www.recicla.com.gt/>> [Consulta 15 de marzo de 2012].
36. SÁNCHEZ FUENTES, Jorge Estuardo. *Metodologías actuales empleadas en la elaboración de juegos pirotécnicos (cohetes), y búsqueda de otras opciones laborales: estudio realizado en las comunidades de San Raymundo municipio del departamento de Guatemala*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánico Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1999. 118 p.

37. SANTIAGO REYES, Eugenia. *Manual para el manejo de residuos sólidos: una opción ambiental para las comunidades de la sierra Juárez de Oaxaca*. México: GEM, 2009. 32 p.
38. SAZO, Sergio Estuardo. *Implementación del uso de aglomerados de madera como alternativa en la industria de muebles*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 250 p.
39. *Selmet CORP.* [en línea]. <http://www.selmetcorp.com/index_es.html> [Consulta: 19 de abril de 2012].
40. *Tableros de Aglomerados, S.A.* [en línea]. <<http://www.tablerosdeaglomerado.com.gt/es/productos/tableros-madera>> [Consulta: 20 de abril de 2012].
41. *TAK.* [en línea]. <<http://www.audiomediav.com/tak/05/index.php>> [Consulta: 25 de abril de 2012].
42. TCHOBANOGLIOUS, George; THEISEN, Hilary. *Gestión integral de residuos sólidos*. España: McGraw-Hill, 1994. 1120 p.
43. ZÚÑIGA LÓPEZ, Ricardo. Fogones eficientes de aserrín. [en línea]. <<http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia35/HTML/articulo01.htm>> [Consulta: 22 de abril de 2012].



APÉNDICES

Apéndice 1. **Mapa para localización del botadero de ripio ubicado en la 3ª avenida y 8ª calle zona 12, Ciudad Real II, propiedad de la Municipalidad de Villa Nueva**



Fuente: elaboración propia, con el programa Google Earth.

Apéndice 2. Lista de verificación

	<p>Centro de Investigaciones de Ingeniería Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala</p>	
---	--	---

LISTA DE VERIFICACIÓN PARA LA RECOLECCIÓN, CLASIFICACIÓN Y MONTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS DE CONSTRUCCIÓN DE LAS SECCIONES DE CONCRETOS Y METALES

Auditor: _____

Sección a la que pertenece el auditor: _____

Fecha: _____

Hora: _____

Nota 1: Se utiliza las palabras Sí y No para indicar el estado de implementación

1. Sección de Concretos

1.2 Equipo

Carretones	Sí	No	OBSERVACIONES
Los carretones 1 y 2 se encuentran llenos			
Se encuentran residuos que corresponden a los carretones, en sus alrededores o en el piso.			
El carretón 1 contiene únicamente probetas de concreto y ripio general.			
El carretón 2 contiene únicamente vigas de concreto, pedrín y arena.			
Están identificados con su respectivo número.			
Están en buen estado, tienen algún desperfecto mecánico.			
Antes de que los trabajadores de la sección de mantenimiento comenzaran a recolectar los residuos de los carretones, estos se encontraban en sus respectivas ubicaciones.			

Continuación del apéndice 2.

2. Sección de Metales

2.1 Equipo

Carretones	Sí	No	OBSERVACIONES
Los carretones 3, 4 y 5 se encuentran llenos			
Se encuentran residuos que corresponden a los carretones, en sus alrededores o en el piso.			
El carretón 3 contiene únicamente adoquines de concreto			
El carretón 4 contiene únicamente bloques de concreto			
El carretón 5 contiene únicamente ladrillos			
Están identificados con su respectivo número.			
Están en buen estado, tienen algún desperfecto mecánico.			
Antes de que los trabajadores de la sección de mantenimiento comenzaran a recolectar los residuos de los carretones, estos se encontraban en sus respectivas ubicaciones.			

3. Sección de Mantenimiento

Desempeño	Sí	No	OBSERVACIONES
Los trabajadores llevan a cabo la recolección de los residuos de los carretones en el horario previamente establecido que es de 8:00am-12:00pm			
Para llevar a cabo la recolección de los residuos de los carretones, se encontraban mínimo tres trabajadores de la sección de mantenimiento.			
Para depositar los residuos en el vehículo recolector, los trabajadores utilizaron el polipasto, y si lo utilizaron se encontraba en perfecto estado.			
Se genero mucho polvo, al momento de depositar los residuos en el vehículo recolector por parte de los trabajadores.			
Terminado el trabajo, los trabajadores dejan residuos en el piso o en el área de trabajo.			
Terminado el trabajo, los trabajadores ubican adecuadamente los carretones			

Continuación del apéndice 2.



Trabajadores	Sí	No	OBSERVACIONES
Los trabajadores cuando realizan la recolección cuentan con el siguiente equipo:			
Guantes			
Casco			
Lentes			
Cinturón			
Botas industriales			
Mascarilla			
Los trabajadores están correctamente uniformados			

Notas: _____

F _____
Auditor

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Instructivo

	<p>Centro de Investigaciones de Ingeniería Facultad de Ingeniería Universidad de San Carlos de Guatemala</p>	
---	--	---

INSTRUCTIVO PARA LA RECOLECCION DE FRAGMENTOS DE AZUFRE POR SUBLIMACIÓN DE PROBETAS O CILINDROS DE CONCRETO DE LA SECCIÓN DE CONCRETOS

1. Objetivo

Determinar las instrucciones para una adecuada recolección de fragmentos de azufre por sublimación de probetas o cilindros de concreto ensayados en la Sección de Concretos.

Garantizar un adecuado manejo de los residuos de azufre por sublimación.

2. Alcance

El presente instructivo alcanza únicamente a la Sección de Concretos, debido que en esta sección se generan los residuos de azufre.

3. Responsables

Jefe de sección/Trabajadores de la sección.

4. Definiciones

Azufre: es un elemento químico de numero atómico 16 y símbolo S (del latín sulphur). Es un no metal abundante con un olor característico.

Azufre por sublimación: polvo amarillo, medianamente fino y generalmente algo húmedo, contiene a veces sulfuro de selenio, ordinariamente, sulfuro de arsénico, impurezas minerales, pero siempre ácido sulfúrico que se ha formado por oxidación del azufre al aire, o en la sublimación, a partir del vapor del azufre quemado.

Fragmento: se entiende por fragmento a toda aquella parte que compone un elemento superior y que fue voluntaria o involuntariamente separada del resto por determinada razón.

Continuación del apéndice 3.

Recolección: este término incluirá únicamente la toma de los residuos sólidos de sus orígenes hacia donde serán acondicionados.

Residuo: Son considerados como residuos aquellos materiales, sustancias u objetos sobrantes de cualquier operación, actividad o proceso productivo tanto en sus procesos intermedios de producción o en consumo final.

5. Contenido

5.1 Recolectar todas las probetas con placas de azufre, las placas de estas probetas son todas aquellas que ya no se reutilizaran en otros ensayos.

5.2 Colocar en alguna de las mesas de trabajo de la sección, todas las probetas con sus placas, para poder realizar el trabajo.

5.3 Se debe contar con un saco en buen estado y correctamente identificado con el nombre "residuos de azufre"

5.4 Colocar el saco sobre la mesa de trabajo.

5.5 Remover las placas de azufre de cada probeta, logrando remover la mayor cantidad que se pueda de cada probeta.

5.6 Depositar en el saco todos los fragmentos de azufre removidos.

5.7 Las probetas que han sido clasificadas para su posterior reutilización, se colocan debajo de la mesa de trabajo y las que no, se depositan en el carretón 1.

5.8 Se procede a cerrar el saco y acondicionarlo en el mobiliario asignado por la sección.

5.9 Se limpia la mesa de trabajo y todos los residuos derivados de probetas de concreto, se depositan en el carretón 1.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Análisis de inversión total

CONCEPTO	AÑO									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Maquinaria										
Inversión Inicial	Q.272 150,00	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0
Mantenimiento	Q.13 607,00	Q.13 607,00	Q.13 607,00	Q.13 607,00	Q.13 607,00	Q.13 607,00	Q.13 607,00	Q.13 607,00	Q.13 607,00	Q.13 607,00
Instalación	Q.8 000,00	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0
Depreciación	Q.54 430,00	Q.54 430,00	Q.54 430,00	Q.54 430,00	Q.54 430,00	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0
Mano de Obra	Q.3 264,00	Q.3 264,00	Q.3 264,00	Q.3 264,00	Q.3 264,00	Q.3 264,00	Q.3 264,00	Q.3 264,00	Q.3 264,00	Q.3 264,00
Combustibles	Q.1 644,00	Q.1 644,00	Q.1 644,00	Q.1 644,00	Q.1 644,00	Q.1 644,00	Q.1 644,00	Q.1 644,00	Q.1 644,00	Q.1 644,00
Vehículos										
Inversión Inicial	Q.409 781,45	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0
Mantenimiento	Q.20 489,07	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00
Depreciación	Q.20 489,07	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00	Q.20 489,00
Equipo										
Inversión Inicial	Q.14 295,00	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0	Q.0
TOTAL	Q.818 149,52	Q.113 923,14	Q.113 923,14	Q.113 923,14	Q.113 923,14	Q.54 493,14	Q.54 493,14	Q.54 493,14	Q.54 493,14	Q.54 493,14

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. **Norma ASTM C 88-99a (Solidez de los agregados por el uso del sulfato de sodio o sulfato de magnesio)**

1. Alcance

1.1 Este método de ensayo describe la prueba de los agregados para estimar su solidez cuando se somete a la intemperie acción en aplicaciones concretas o de otra índole. Esto se consigue por inmersión repetida en soluciones saturadas de sulfato de sodio o magnesio seguido por secado en horno para deshidratar parcialmente o completamente la sal precipitada en los espacios de poros permeables. La fuerza expansiva interna, derivada de la rehidratación de la sal en la re-inmersión, simula la expansión del agua al congelarse. Este método de ensayo proporciona información útil para juzgar la solidez de los agregados cuando la información adecuada no está disponible en los registros de servicio del material expuesto a las condiciones reales de la intemperie.

1.2 Los valores entre paréntesis se proporcionan sólo con fines informativos.

1.3 Esta norma no pretende abordar los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

2. Documentos de referencia

2.1 Normas ASTM:

C33, C136, C670, C702, D75, D3665, E11, E100, E323

3. Importancia y uso

3.1 Este método de prueba proporciona un procedimiento para hacer una estimación preliminar de la solidez de los agregados para su uso en propósitos concretos y de otra índole. Los valores obtenidos se pueden comparar con las especificaciones, por ejemplo la especificación C33, que están diseñados para indicar la conveniencia de agregado, propuesto para su uso. Dado que la precisión de este método de ensayo es pobre (Sección 12), que puede no ser adecuado para el rechazo absoluto de los agregados sin la confirmación de otras pruebas más estrechamente relacionados con el servicio específico que debe hacer.

3.2 Los valores para el porcentaje permitido de pérdida de este método de ensayo suelen ser diferentes para los agregados finos y gruesos, y se llama la atención el hecho de que los resultados de pruebas mediante el uso de las dos sales difieren considerablemente y se debe tener cuidado en la fijación de los límites apropiados en cualquier pliego de condiciones que incluyen los requisitos para estas pruebas. La prueba suele ser más grave cuando el sulfato de magnesio se utiliza, en consecuencia, los límites de porcentaje de pérdida permitido cuando el sulfato de magnesio se utiliza normalmente más altos son los límites de bronceado cuando el sulfato de sodio se utiliza.

4. Aparato

4.1Támices

Con aberturas cuadradas de los siguientes tamaños corresponden a las especificaciones E11 o E323, por el tamizado de las muestras de conformidad con los artículos 6,7 y 9:

4.2Contenedores

Los recipientes para sumergir las muestras de agregado en la solución de acuerdo con el procedimiento descrito en este método de ensayo, será perforado de tal manera que el acceso permitido de la solución a la muestra y el drenaje de la de la muestra sin pérdida agregada.

4.3 Regulación de temperatura

Los medios adecuados para regular la temperatura de las muestras durante la inmersión en la solución de sulfato sódico o sulfato magnésico, se proporcionan.

4.4 Saldos

Para el agregado fino, una balanza o báscula precisa con 0,1 g en el rango requerido para esta prueba, por árido grueso, una balanza o báscula una precisión de 0,1% o 1 g, lo que sea mayor, a lo largo de los límites requeridos para esta prueba.

4.5 Horno de secado

El horno deberá ser capaz de ser calentado continuamente a 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C) y la velocidad de evaporación, en este rango de temperatura, será de al menos 25 g / h durante 4 horas, período durante el cual el las puertas del horno se mantendrá cerrada. Este tipo se determina por la pérdida de agua de 1-L Griffin bajo forma vasos, cada 500g inicialmente contienen de agua a una temperatura de 70 ± 3 °F (21 ± 2 °C) colocados en cada esquina y el centro de cada estante del horno. El requisito de la evaporación se aplicará a todos los lugares de prueba cuando el horno está vacío a excepción de los vasos de agua.

4.6 Midiendo el peso específico

Densímetros conformidad con los requisitos de la Especificación E100, o una combinación adecuada de material de vidrio graduado y equilibrio, capaz de medir la gravedad específica solución dentro de $\pm 0,001$.

5. Soluciones especiales requeridas

5.1 Preparación de la solución de inmersión de las muestras de ensayo de sodio o sulfato de magnesio, de acuerdo con 5.1.1 o 5.1.2 (nota 3). El volumen de la solución deberá ser al menos al cinco veces el volumen sólido de todas las muestras sumergidas en cualquier momento uno.

5.1.1 Solución de sulfato de sodio

Preparar una solución saturada de sulfato de sodio mediante la disolución de un USP o grado igual de la sal en agua a una temperatura de 77 a 86 °F (25 a 30 °C). Añadir suficiente sal (Nota 4) de cualquiera de los anhidro (Na_2SO_4) o la forma cristalina ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), para asegurar no sólo la saturación sino también la presencia de exceso de cristales cuando la solución está lista para su uso en los ensayos. A fondo la mezcla se agita durante la adición de la sal y se agita la solución a intervalos frecuentes hasta su uso.

Para reducir la evaporación y evitar la contaminación, mantener la solución cubierto en todo momento cuando el acceso no es necesario. Dejar que la solución se enfríe a 70 + -2 °F (21 + - 1 °C). De nuevo, agitar y permitir que la solución permanezca a la temperatura designada por al menos 48 horas antes de su uso. Antes de cada uso, romper la torta de sal, en su caso, en el recipiente, se agita la solución a fondo, y determinar la gravedad específica de la solución. Cuando se utiliza, la solución deberá tener una gravedad específica no inferior a 1,152 ni mayor de 1,174. Deseche la solución descolorida, de filtro y verifique la gravedad específica.

5.1.2 Solución del sulfato de magnesio

Preparar una solución saturada de sulfato de magnesio disolviendo un USP o grado igual de la sal en agua a una temperatura de 77 a 86 ° F (25 a 30 ° C). Añadir suficiente sal (Nota 5), de la forma anhidra (MgSO_4) o cristalino del ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) (sal de Epsom), para asegurar la saturación y la presencia de exceso de cristales cuando la solución está lista para su uso en los ensayos. A fondo la mezcla se agita durante la adición de la sal y se agita la solución a intervalos frecuentes hasta su uso.

Para reducir la evaporación y evitar la contaminación, mantener la solución cubierto en todo momento cuando el acceso no es necesario. Deje que la solución se enfríe a 70 ± 2 °F (21 ± 1 °C). De nuevo, agitar y permitir que la solución permanezca a la temperatura designada por al menos 48 horas antes del uso. Antes de cada uso, romper la torta de sal, en su caso, en el recipiente, se agita la solución a fondo, y determinar la gravedad específica de la solución. Cuando se utiliza, la solución deberá tener una gravedad específica no inferior a 1,295 ni mayor de 1,308. Deseche la solución cambia de color o filtrar y comprobar la gravedad específica.

5.1.3 Solución de cloruro de bario

Preparar 100 ml de solución de bario 5% de cloruro disolviendo 5 g de BaCl₂ en 100 ml de agua destilada.

6. Las muestras

6.1 La muestra se obtuvo en general, de acuerdo con la Práctica D 75 y se reduce a probar tamaño de las porciones, de acuerdo con la Práctica C 702.

6.2 El agregado fino

El agregado fino para la prueba se pasa a través de una de 9,5 mm (3/8in.) Tamiz. La muestra será de un tamaño tal que no va a ceder a menos de 100 g de cada una de las siguientes dimensiones, que estará disponible en cantidades de 5 % o más, expresados en términos de los siguientes tamices:

6.3 Agregado grueso

El agregado grueso para la prueba consistirá en la forma material que han sido los tamaños más finos que la malla No. 4 eliminado. La muestra debe ser de un tamaño tal que se producen las siguientes cantidades de los tamaños indicados que están disponibles en cantidades de 5 % o más.

6.4 Cuando agregada a ensayar contiene cantidades apreciables de material, tanto fino y grueso, con una clasificación con más de 10 % en peso de más grueso que el tamiz de 9,5 mm (3/8in.) Y, también, más de un 10 % más fino que el peso 4,75 mm (No.4), las muestras de ensayo por separado de la fracción N° menos 4 y el N° más 4. Fracción de conformidad con los procedimientos de agregado fino y agregado grueso, respectivamente. Informe de los resultados por separado para la fracción agregada y la fracción gruesa-agregado, dando a los porcentajes de las fracciones gruesas y finas de tamaño en la clasificación inicial.

7. Preparación de la muestra de prueba

7.1 El agregado fino

Es necesario lavar completamente la muestra de agregado fino en un 300um (N° 50) tamiz, seca hasta peso constante a 230 + -9 °F (110 + -5 °C), y separada en los diferentes tamaños por tamizado, de la siguiente manera: Hacer una separación aproximada de la muestra graduada por medio de un nido de los tamices estándar especificados en 6,2. De las fracciones obtenidas de esta manera, seleccionar muestras de tamaño suficiente para producir 100 g después de tamizado a negativa. (En general, una muestra de 110 g será suficiente).

No utilice pegado agregado fino en las mallas de los tamices en la preparación de las muestras. Pese las muestras consisten en $100 \pm 0,001$ g de cada una de las fracciones separadas después de tamizado y el lugar en recipientes separados para la prueba.

7.2 Agregado grueso

Lavar y secar la muestra de agregado grueso hasta peso constante a 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C) y separarlo en los diferentes tamaños se muestran en el 6,3 por tamizado a la negativa. Pesar las cantidades de los diferentes tamaños dentro de las tolerancias de 6,3 y, cuando la porción de ensayo consta de dos tamaños, ellos se combinan para el peso total designado. Registrar los pesos de las muestras de ensayo y sus componentes fraccionarios. En el caso de tamaños superiores a 19,0 mm (3/4in), registrar el número de partículas en las muestras de ensayo.

8. Procedimiento

8.1 Almacenamiento de las muestras en solución

Sumergir las muestras en la solución preparada de sulfato sódico o sulfato de magnesio durante no menos de 16h ni más de 18 h de tal manera que la solución les calas a una profundidad de al menos media pulgada (Nota 6). Cubrir los recipientes para reducir la evaporación y evitar la adición accidental de sustancias extrañas. Mantener las muestras sumergidas en la solución a temperatura de 70 ± 2 °F (21 ± 1 °C) durante el período de inmersión.

8.2 Las muestras de secado después de la inmersión

Después de que el período de inmersión, retire la muestra global de la solución, permite que se drene durante 15 ± 5 min, y el lugar en el horno de secado. La temperatura del horno se ha presentado previamente a 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C). Seque las muestras a la temperatura especificada hasta peso constante se ha logrado. Establecer el tiempo requerido para alcanzar un peso constante como sigue: con el horno que contiene la carga de la muestra máxima esperada, comprobar las pérdidas de peso de carga de prueba de la muestra era de esperar, comprobar las pérdidas de peso de las muestras de ensayo mediante la eliminación y de un peso ellos, sin enfriamiento, a intervalos de 2 a 4 h; los cheques suficientes para establecer el tiempo de secado necesario para la ubicación del horno por lo menos favorable (ver 4.5) y la condición de la muestra (Nota 7).

Peso constante, se considerará que se han alcanzado cuando la pérdida de peso es inferior a 0,1 % del peso de la muestra en 4 h de secado. Después de un peso constante se ha logrado, permitir que las muestras de enfriar a temperatura ambiente, cuando de nuevo se sumerge en la solución preparada como se describe en 8,1.

8.3 Numero de ciclos

Repetir el proceso de inmersión alterna y secado hasta que el número requerido de ciclos se obtiene

8.4 Después de la terminación del ciclo final y después la muestra se ha enfriado, lavar la muestra libre de sulfato de sodio o el sulfato de magnesio como se determina por la reacción del agua de lavado con cloruro de bario (BaCl_2). Lavar a la circulación de agua a 110 ± 10 °F (43 ± 6 °C) a través de las muestras en sus envases. Esto puede hacerse mediante la colocación de ellos en un tanque en el cual puede ser el agua caliente introducida en la parte inferior y se dejó desbordamiento. En la operación de lavado, las muestras no serán sometidas a un impacto o la abrasión que puede tiende a romper las partículas.

9. El examen cuantitativo

Después de que el sulfato de sodio o sulfato de magnesio se ha eliminado, secar cada fracción de la muestra hasta peso constante a 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C). Tamizar el agregado fino sobre el tamiz mismo en que fue retenido antes de la prueba, y el tamiz agregado grueso sobre el tamiz se muestra a continuación para el tamaño adecuado de partículas. Para agregado fino, el método y la duración de tamizado será el mismo que se utilizaron en la preparación de las muestras de ensayo. Para los áridos gruesos, tamizado se hará en mano, con agitación suficiente sólo para asegurar que todo el material de menor pasa por el tamiz designado. No manipulación adicional será empleado para romper las partículas o hacer que pasen los tamices. Pesar las fracciones retenidas en cada uno de ellos para pasar los tamices. La diferencia entre cada una de estas cantidades y el peso inicial de la fracción de la muestra analizada es la pérdida en la prueba y debe ser expresada como un porcentaje del peso inicial para su uso en la Tabla 1.

10. El examen cualitativo

10.1 Hacer examen cualitativo de las muestras más grueso que el 19,0 mm (3/4in.) De la siguiente manera (Nota 9):

10.1.1 separar las partículas de cada muestra de ensayo en grupos de acuerdo a la acción producida por la prueba.

10.1.2 Registre el número de partículas que muestran cada tipo de peligro.

11. Informe

11.1 Informe de los datos siguientes (Nota 10):

11.1.1 Peso de cada fracción de cada muestra antes del ensayo,

11.1.2 El material de cada fracción de la muestra más fino que el tamiz designado en 9.1.1 para tamizado después de la prueba, expresada como un porcentaje del peso original de la fracción.

11.1.3 promedio ponderado calculado de conformidad con el Método de Ensayo C 136 de porcentaje de pérdida para cada fracción, basado en la clasificación de la muestra recibida para su examen o, preferiblemente, en la puntuación media del material de la parte del suministro de que la muestra es representativa excepto que:

11.1.3.1 Para agregados finos (con menos de un 10% más grueso que el de 9,5 mm (3/8in.) Se hará, se supone que el tamaño más fino 300um (núm. 50) tamiz para tener 0% de pérdida y los tamaños más gruesos que el de 9,5 mm (3/8in.)

11.1.3.2 Para agregado grueso (con menos de un 10% más fino que el 4,75 mm (No.4), se supone que el fino tamaño de 4,75 mm (No.4) para tener la misma pérdida que el tamaño más grande siguiente para el que la prueba se dispone de datos.

11.1.3.3 Para un agregado que contiene cantidades apreciables de material, tanto fino y grueso a prueba en dos muestras separadas como se requiere en el punto 6.4, calcular las pérdidas medias ponderadas por separado para el N ° 4 y menos el más fracciones N ° 4 sobre la base de gradaciones recalculados teniendo en cuenta la multa fracción como 100% y la fracción gruesa como 100%.

11.1.3.4 Para el propósito de calcular el promedio ponderado, considerar cualquier tamaño en 6,2 o 6,3 que contienen menos del 5% de la muestra para tener la misma pérdida como la media de la menor siguiente y el siguiente tamaño más grande, o si uno de estos tamaños está ausente, para tener la misma pérdida como la siguiente tamaño más grande o más pequeño siguiente, lo que está presente.

11.1.4 Informe de la pérdida de porcentaje ponderado al número entero más cercano,

11.1.5 En el caso de las partículas más gruesas que 19,0 mm (3/4in.) Antes del ensayo: (1) el número de partículas en cada fracción antes del ensayo, y (2) el número de partículas afectadas, clasificados en cuanto al número de desintegración, escisión, desmoronamiento, agrietamiento, descamación, entre otros, como se muestra en la Tabla 2.

11.1.6 Tipo de solución (sodio o sulfato de magnesio) y si la solución estaba recién preparada o utilizada anteriormente.

12. Precisión

12.1 Por agregado grueso con pérdidas promedio ponderado de solidez de sulfato en los rangos de 6 a 16% para el sodio y el 9% a 20 para el magnesio, los índices de precisión son los siguientes:

12.2 Sesgo

Puesto que no hay material de referencia aceptado adecuado para determinar el sesgo de este procedimiento, sin declaración en el sesgo se está realizando.

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Centro de información a la construcción.
Consulta: 23 de junio de 2012.

Anexo 2. **Norma ASTM C 4004 (Método de prueba estándar para las impurezas orgánicas en agregados finos para el hormigón)**

1. Alcance

1.1 Este método de ensayo cala dos procedimientos para una determinación aproximada de la presencia de impurezas orgánicas perjudiciales en agregados finos que se van a utilizar en el mortero de cemento hidráulico o concreto. Un procedimiento utiliza una solución de color estándar y el otro utiliza un estándar de color de vidrio.

1.2 Los valores dados en unidades SI deben ser considerados como el estándar. Los valores indicados entre paréntesis son sólo a título informativo.

1.3 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

2. Documentos de referencia

Normas ASTM: C33, C87, C125, C702, D75, D1544

3. Importancia y uso

3.1 Este método de ensayo utilizado se toma una determinación preliminar o la aceptabilidad de los agregados finos con respecto a los requisitos de la especificación C33 que se relacionan con las impurezas orgánicas.

3.2 El valor principal de este método de ensayo es proporcionar una advertencia de que las cantidades perjudiciales de impurezas orgánicas pueden estar presentes. Cuando una muestra sometida a esta prueba produce un color más oscuro que el color estándar es aconsejable para realizar el ensayo para el efecto de las impurezas orgánicas en la fuerza de mortero de acuerdo con el Método de Ensayo C 87.

4. Aparato

4.1 Botellas de vidrio

Botellas de vidrio incoloro que se graduó, aproximadamente 240 a 470mL de capacidad nominal, equipado con tapones herméticos o gorras, no solubles en los reactivos específicos. En ningún caso el espesor máximo fuera de las botellas, medida a lo largo de la línea de visión utilizado para la comparación de color, ser mayor de 63,5 mm (2,5 pulgadas) o menos de 38,1 mm (1.5 pulg). Las graduaciones de las botellas estarán en mililitros, o onzas, excepto que las botellas sin marcar puede ser calibrado y descrito con graduaciones por parte del usuario. En tal caso, las marcas de graduación requerida en sólo tres puntos

4.1.1 Solución de colores estándar de nivel 75ml.

4.1.2 Agregado fino Nivel-130ml

4.1.3 Solución de NaOH Nivel-200ml

4.2 Cristal de color estándar

4.2.1 Colores de vidrio estándar se utilizará como se describe en la Tabla 1 de la norma ASTM D 1544.

5. El reactivo y solución de color estándar

5.1 Sodio reactivo solución de hidróxido (3%)

Disolver 3 partes en peso de hidróxido sódico de grado reactivo (NaOH) en 97 partes de agua.

5.2 Solución de colores estándar

Disolver grado reactivo dicromato de potasio en ácido sulfúrico concentrado (SPGR 1,84) a la tasa de 0.250g/100mL de ácido. La solución debe estar recién hecha para la comparación de color utilizando calor suave si es necesario para efectuar la solución.

6. Muestreo

6.1 La muestra se seleccionó en general de conformidad con la práctica del D75.

7. Prueba de muestras

7.1 La muestra de ensayo deberá tener una masa de alrededor de unos 450 gramos (1 libra) y se toma de la muestra más grande, de acuerdo con la Práctica C 702.

8. Procedimiento

8.1 Llenar una botella de vidrio con el nivel de aproximadamente 130 ml con la muestra del agregado fino (véase Terminología C125) a ensayar.

8.2 Añadir la solución de hidróxido de sodio hasta que el volumen del agregado fino y líquido, indicado después de la agitación, es de aproximadamente 200 ml.

8.3 Tapar el frasco, agitar con fuerza, y luego dejar reposar durante 24 horas.

9. Determinación del índice de color

9.1 Procedimiento de Solución de color estándar

Al final del período de pie 24-h, llenar una botella de vidrio con el nivel de aproximadamente 75-mL con la solución de color estándar fresco, preparado no más de 2 h antes, según lo prescrito en 5,2. Mantener la botella con la muestra de ensayo y la botella con la solución de color estándar de lado a lado, y comparar el color de la luz transmitida a través del líquido sobrenadante por encima de la muestra con el color de la luz transmitida a través de la solución de color estándar. Registrar si el color del líquido sobrenadante es más ligero, más oscuro, o igual que el color de la solución de color estándar.

10. Interpretación

10.1 Cuando una muestra sometida a este procedimiento produce un color más oscuro que el color estándar, o N° Placa Orgánica 3 (Gardner Color estándar N° 11), el agregado fino sometido a prueba, se considerará que contiene posiblemente perjudiciales de impurezas orgánicas. Es aconsejable realizar mas pruebas antes de aprobar el agregado fino para el uso en el concreto.

11. Precisión y sesgo

11.1 Dado que esta prueba no produce valores numéricos, la determinación de la precisión y el sesgo no es posible.

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Centro de información a la construcción.
Consulta: 23 de junio de 2012.

Anexo 3. **Norma ASTM C 617-98 (Práctica estándar para la nivelación de probetas cilíndricas de concreto)**

1. Alcance

1.1 Esta práctica comprende los aparatos, materiales y procedimientos para el encapsulado de cilindros de concreto recién moldeados con cemento puro y cilindros endurecidos y perforados núcleos de hormigón de alta resistencia con yeso o mortero de azufre.

1.2 Los valores indicados en unidades pulgada-libra deben ser considerados como el estándar.

1.3 Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad, si las hay, asociadas con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma para establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

2. Documentos de referencia

Normas ASTM:

C 109, C 150, C 472, C 595M, C 1231

3. Significado y Uso

Esta práctica describe normas para proporcionar superficies planas en los extremos de cilindros de concreto recién moldeados, cilindros endurecidos o perforados núcleos de hormigón cuando las superficies de los extremos no se ajustan a los requisitos de planitud y perpendicularidad de las normas aplicables.

4. equipamiento de encapsulado

4.1 Placas de nivelación

Tapas ordenadas de cemento y de alta resistencia tapas de yeso se forma contra una placa de vidrio por lo menos de 1/4 pulgadas (6 mm) de espesor, una placa de metal maquinado por lo menos 0.45in. (11 mm) de espesor, o una placa pulida de granito o de diabasa al menos 3 pulgadas (76 mm) de espesor. Tapas de mortero de azufre se forman contra el metal similar o placas de piedra, excepto que el área rebajada cual recibe azufre fundido no será más profunda que 1/2in. (12 mm).

En todos los casos, las placas será de al menos 1 pulg. (25 mm) de diámetro mayor que la probeta y las superficies de trabajo no se apartará de un avión por más de 0.002 in La rugosidad de la superficie de placas de metal recién terminado no será superior a la establecida en el cuadro 4 de la American National Standard B46.1, o 125 μ in para cualquier tipo de superficie y la dirección de poner.

La superficie, cuando es nueva, debe estar libre de estrías, surcos, o muescas más allá de los causados por las operaciones de acabado. Las placas de metal que han estado en uso deben estar libres de estrías, surcos y depresiones de más de 0.010 pulg profunda o mayor que 0.05in de la superficie.

4.2 Dispositivos de alineación

Dispositivos adecuados de alineación, como la barra de guía sor diana niveles, se utiliza en conjunción con las placas de nivelación para garantizar que ninguna tapa solo se apartará de perpendicularidad con el eje de una probeta cilíndrica de más de 0,5 °. El mismo requisito es aplicable a la relación entre el eje del dispositivo de alineación y la superficie de una placa de tope cuando se utilizan barras de guía. Además, la ubicación o barra de cada uno con respecto a su placa debe ser tal que no hay tapa será fuera de centrado en una muestra de ensayo por más de 1/6 pulgadas

4.3 Crisoles para morteros de azufre

Las ollas o crisoles que se utilizan para la fundición de morteros de azufre estará equipado con control de temperatura automático y deberá ser de metal o revestidas con un material que no es reactivo con el azufre fundido.

4.3.1 Precaución

Crisoles equipadas con calefacción periférica se asegurará contra accidentes durante el recalentamiento o una mezcla de azufre refrigerado que tienen una capa superficial en off.

Cuando se utiliza crisoles no tan equipados, una acumulación de presión debajo de la costra superficial endurecida sobre recalentamiento posterior puede ser evitado mediante el uso de una varilla de metal que contacta con el fondo de la olla y proyectos por encima de la superficie de la mezcla de fluido de azufre, ya que se enfría.

El vástago debe ser de tamaño suficiente para conducir el calor suficiente para la parte superior de recalentamiento para fundir un anillo alrededor de la primera varilla y así evitar el desarrollo de la presión. Una cuchara grande de metal puede ser sustituido por la varilla.

4.3.1.1 Use ollas de fusión de azufre en una campana de agotamiento de los humos hacia el exterior. Calentar a fuego abierto es peligroso porque el punto de inflamación de azufre es de aproximadamente 440 °F (227 °C) y la mezcla comience a quemar, que abarca a apagar la llama. La maceta debe ser recargada con material fresco después de que el fuego se ha extinguido.

5. Materiales de recubrimiento

5.1 La fuerza del material de recubrimiento y el espesor de las capas deberán ajustarse a los requisitos de la tabla 1.

5.1.1 Si el mortero de azufre, yeso fuerza de yeso de alta y otros materiales, excepto la pasta de cemento puro se utiliza para probar hormigón con mayor una fuerza de 7000 psi, el fabricante o el usuario del material debe proporcionar documentación

5.1.1.1 La fuerza media de 15 cilindros recubiertos con el material no es menos bronceado 98 por ciento de la fuerza media de 15 cilindros compañeros tapado con pasta de cemento puro o plano de tierra 15 cilindros dentro de 0.002in

5.1.1.2 La desviación estándar de los puntos fuertes de los cilindros de cubiertas no es mayor que 1.57 veces mayor que la de la desviación estándar de los cilindros de referencia.

5.1.1.3 Los requisitos de grosor de su cubierta se encontraron en las pruebas de calificación.

5.1.1.4 Del tiempo de endurecimiento de las tapas utilizadas en los ensayos de cualificación.

5.1.2 Además, el informe de la prueba de calificación debe incluir la resistencia a la compresión de los cubos de 2 pulgadas o el material cualificado y de los cubos limpios pasta de cemento, si se utiliza. Materiales de recubrimiento que se ajusten a estos requisitos se le permite ser usado para los cilindros con resistencias de hasta 20 por ciento mayor que el hormigón a prueba en estas pruebas de calificación. El fabricante debe recalificar un montón de material fabricado sobre una base anual o cada vez que hay un cambio en la formulación o las materias primas.

El usuario del material debe conservar una copia de los resultados de calificación, y las fechas o de fabricación de material calificado y del material que está utilizando actualmente.

5.1.3 La resistencia a la compresión de materiales de recubrimiento se determinará por las pruebas 2 pulgadas cubos siguiendo el procedimiento descrito en el método de ensayo C 109. Excepto para morteros de azufre, los procedimientos de moldeo será como en el Método de Ensayo C 109 a menos que otros procedimientos se requiere para eliminar grandes burbujas de aire atrapadas. Ver Métodos de Ensayo C 472 de los procedimientos alternativos de impactación. Cure Cabeles en el mismo entorno de la misma longitud de tiempo que el material utilizado para tapar los especímenes.

5.1.4 La fuerza del material de recubrimiento se determinará sobre la recepción de un nuevo lote ya intervalos no superiores a tres meses. Si un determinado lote del material de recubrimiento no se ajusta a los requisitos de resistencia, no se utiliza, y las pruebas de resistencia del material de sustitución se realizará semanalmente, hasta cuatro determinaciones consecutivas ajustan a los requisitos de especificación

5.2 Pasta de cemento hidráulico limpio

5.2.1 Hacer pruebas de calificación de la pasta de cemento hidráulico limpio antes de usarlo para tapar para establecer los efectos de la relación agua-cemento y la edad sobre la resistencia a la compresión de 2 pulgadas.

5.2.2 Mezclar el cemento puro pega a la consistencia deseada en una relación agua-cemento igual o menor que la requerida para producir la resistencia requerida, generalmente de 2 a 4 horas antes de la pasta se va a utilizar. Remix como sea necesario para mantener la consistencia aceptable.

Algún retemplado de la pasta es aceptable si la necesaria relación agua-cemento no se exceda. Una consistencia óptima se produce generalmente a relaciones agua-cemento de 0,32 a 0,36 en masa para los tipos I y II y los cementos de 0,35 a 0,39 en masa para los cementos Tipo III.

5.3 Yeso de alta resistencia pasta de cemento

5.3.1 No hay cargas o extendedores se pueden añadir a la pasta de cemento puro yeso de alta resistencia después de la fabricación del cemento. Pruebas de calificación se hará para determinar los efectos de la relación agua-cemento y la edad en la resistencia a la compresión de 2 pulgadas retardadores puede ser utilizado para extender el tiempo de trabajo, pero sus efectos sobre la necesaria relación agua-cemento y la resistencia debe ser determinada.

5.3.2 Mezclar la pasta de cemento puro de yeso en la deseada relación agua-cemento y utilizarlo rápidamente, ya que fragua rápidamente.

5,4 Morteros de azufre

5.4.1 De propiedad o de laboratorio preparados morteros de azufre se permiten si se permite que se endurezca un mínimo de 2 horas antes de la prueba de concreto con una resistencia inferior a 5000 psi. Para resistencias del hormigón de 5000 psi o mayores, las tapas de azufre de mortero se debe permitir que se endurezca por lo menos 16 horas antes de la prueba, a menos que un tiempo más corto se ha demostrado ser adecuado como se especifica en 5.1.1.

5.4.2. Preparar los especímenes de prueba usando un molde cubo y la placa de base conforme a los requisitos del Método de Ensayo C109 y una placa de cubierta de metal, en principio, conforme a la muestra de diseño en la figura. 1.

Llevar las diversas partes del aparato a una temperatura de 68 ° a 86 ° F (20 a 30 ° C), ligeramente recubrir las superficies que estarán en contacto con el mortero de azufre con aceite mineral, y montar cerca del crisol. Llevar la temperatura del mortero de azufre fundido en el recipiente dentro de un rango de 265 a 290 ° F (129 a 143 ° C), agitar a fondo, y comenzar echando cubos. Usando una cuchara, o de otro dispositivo adecuado vertido, rápidamente llenar cada uno de los tres compartimientos hasta que el material fundido alcanza la parte superior del orificio de llenado.

Transcurrido el tiempo suficiente para la contracción máxima, debido al enfriamiento y solidificación a ocurrir (aproximadamente 15 min) y rellenar cada agujero con el material fundido.

Después de la solidificación, retire los cubos del molde sin romper el mando formado por el orificio de llenado en la placa de la cubierta. Quite el aceite, los bordes afilados, y las aletas de los cubos y comprobar la planitud de las superficies de rodamiento en la forma descrita en el C109 Método de prueba. Después del almacenamiento a temperatura ambiente a la edad deseada, pero no menos de 2 h, cubos de ensayo en compresión siguiendo el procedimiento descrito en el Método de Prueba C109, y calcular la resistencia a la compresión.

6. Procedimientos de nivelación

6.1 Los cilindros recién moldeados

Utilizar solo las pastas de cemento Portland ordenadas para tapar los cilindros recién moldeados. Haga tapas tan delgado como sea posible. No aplicar la pasta limpia al extremo expuesto hasta que el hormigón ha dejado de sedimentación en los moldes, generalmente de 2 a 4 h después del moldeo. Durante el moldeo del cilindro, cortar el extremo superior incluso con o ligeramente por debajo del plano de la llanta del molde. Eliminar el agua libre y lechadas formar la parte superior de la muestra inmediatamente antes de tapado. Desde la tapa mediante la colocación de un montículo cónico de pasta sobre la muestra y luego presionando suavemente una placa recién aceitado tapado en el montículo cónico hasta que los contactos de la placa del borde del molde.

Un movimiento de torsión muy ligero puede ser necesario para extruir el exceso de pasta y minimizar los huecos de aire en la pasta. La placa de nivelación no debe oscilar durante esta operación. Cuidadosamente cubrir la placa de recubrimiento y el molde con una capa doble de arpilleras húmedas y una lámina de polietileno para evitar el secado. La eliminación de la placa de recubrimiento después del endurecimiento puede lograrse tocando el borde con un martillo cuero crudo en una dirección paralela al plano de la tapa.

Preparar mortero de azufre para su uso por calentamiento alrededor de 265 ° F (130 ° C) como se determina por un termómetro de metal insertado cerca del centro de la masa. Ver la temperatura a intervalos de aproximadamente una hora durante tapado. Vaciar el bote y la recarga con material fresco a intervalos para asegurar que el material más antiguo en el bote no se ha utilizado más de cinco veces.

Cuando tapado cilindros de hormigón con una resistencia a la compresión de 5000 psi o mayor, no se permite la reutilización de compuesto recuperado de la operación de tapado o tapas viejas. Mortero de azufre fresca debe estar seco en el momento en que se coloca en la olla como la humedad puede causar formación de espuma. Mantener el agua alejada de mortero de azufre fundido, la forma por la misma razón.

La placa de recubrimiento o dispositivo debe ser calentado antes de su uso para disminuir la velocidad de endurecimiento y permitir la producción de tapas delgadas. Aceite de la nivelación placa ligera y remover el mortero de azufre fundido, inmediatamente antes de verter cada tapa. Los extremos de las muestras curadas húmedas será lo suficientemente seco en el momento de la nivelación para evitar la formación de vapor de bolsas de espuma bajo o en la tapa más grande que $\frac{1}{4}$ pulgadas de diámetro. Sustituir tapas con bolsas de vapor o huecos más grandes que $\frac{1}{4}$ pulgadas Para asegurar que la tapa está unida a la superficie de la muestra, el extremo de la muestra no deberá ser engrasado antes de la aplicación de la tapa. Cuando se utiliza un dispositivo vertical, verter el mortero sobre la superficie de la placa de recubrimiento, levantar el cilindro encima de la placa y en contacto con los lados del cilindro con las guías, deslice el cilindro hacia abajo de las guías sobre la placa tapado mientras se mantiene constante contacto con las guías de alineación. El extremo del cilindro debe seguir a descansar sobre la placa de tope con los lados del cilindro en contacto positivo con las guías de alineación hasta que el mortero se ha endurecido. Utilice suficiente material para cubrir el cilindro es después de que el mortero de azufre se solidifica.

7. Protección de las muestras después de la nivelación

7.1 Mantener húmedas las muestras curadas en una condición húmeda entre la terminación de la nivelación y el tiempo de prueba por su devolución al almacenamiento húmedo o envolver con una doble capa de arpillera húmeda. No almacena las muestras con las tapas de yeso sumergidas en agua o por mas de 4 horas en una habitación húmeda Proteger las tapas de yeso de goteo de agua.

7.2 No pruebe las cubiertas antes de que el material de recubrimiento tenga tiempo suficiente para desarrollar la fuerza necesaria indicada en el inciso 5.1.

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Centro de información a la construcción.
Consulta: 23 de junio de 2012.

Anexo 4. **Norma ASTM C 31-90 (Elaboración y curado en obra de probetas de concreto)**

1. Alcance

1.1 Esta práctica cubre los procedimientos para la elaboración y curado de probetas cilíndricas y prismáticas de hormigón con trabajo que puede ser consolidado por varillado o vibración tal como se describe en este documento.

1.2 El hormigón utilizado para hacer las muestras moldeadas tendrán los mismos niveles de asentamiento, contenido de aire, y el porcentaje de agregado grueso como el hormigón que se coloca en el trabajo.

1.3 Los valores indicados en unidades pulgada-libra deben ser considerados como el estándar. Los valores indicados entre paréntesis son solo para información.

1.4 Esta norma puede involucrar materiales peligrosos, operaciones y equipos. Esta norma no pretende señalar todos los problemas de seguridad asociados con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer la seguridad apropiada y prácticas de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias antes de su uso.

2. Documentos de referencia

2.1 Normas ASTM: C 143, C 172, C 173, C 192, C 231, C 470, C 511, C 617, C 1064.

3. Significado y uso

3.1 Esta práctica proporciona los requisitos estandarizados para elaborar, curar, proteger y transportar las probetas de concreto bajo condiciones de campo.

3.2 Si la preparación de muestras se controla conforme a lo estipulado en este documento, las muestras pueden ser utilizadas para desarrollar la información para los siguientes propósitos:

3.3 Comprobación a la compatibilidad de las proporciones de la mezcla para la fuerza.

3.4 Para servir como base para la comparación con el laboratorio, el campo o en su lugar las pruebas, como base para la seguridad y en la estructura de evaluación del funcionamiento, y como base para la forma y el apuntalamiento requisitos de eliminación de tiempo.

3.5 Determinación del cumplimiento de las especificaciones de resistencia

Determinación del momento en que una estructura puede ser presta en servicio.

4. Aparato

4.1 Moldes, General: Los moldes para las muestras o los cierres de los mismos en contacto con el hormigón deberán ser de acero, hierro fundido, o de otro material no absorbente, no reactivo con el concreto que contiene Portland u otros cementos hidráulicos. Los moldes serán estancos durante el uso, a juzgar por su capacidad para retener el agua vertida en ellos.

Disposiciones para las pruebas de estanqueidad se dan en la Sección 6 de la especificación C 470. Un sellador adecuado, tal como grasa pesada, arcilla, o cera microcristalina se utiliza cuando sea necesario para evitar las fugas a través de las articulaciones. Medios positivos se proporcionan para sostener las placas base con firmeza a los moldes. Los moldes ligeramente se cubren con aceite mineral o un material reactivo adecuado no forma de liberación antes de su uso.

4.2 Molde cilíndricos

4.2.1 Moldes para colar las muestras verticalmente. Moldes para colar las probetas de concreto deben cumplir con el requisito de la Especificación C 470.

4.3 Moldes de viga: Moldes de viga de forma rectangular y de las dimensiones requeridas para producir los ejemplares estipulados en el punto 5.2. Las superficies interiores de los moldes deben ser lisas. Los laterales, inferior y los extremos deberán estar en ángulo recto entre si y deben ser rectos y verdaderos y libres de distorsión. La variación máxima de la sección transversal nominal no debe exceder 1/8 pulgadas (3,2mm) para moldes con departamento o amplitud de 6 pulgadas (152mm) o más. Los moldes se producen muestras de no más de 1/16 pulg. (1,6mm) más corto que el requerido en el apartado 5.2, pero puede superar en mas de esa cantidad.

4.4 Batear por carretera: La barra será una ronda, la barra recta de acero 5/8 pulgadas (16mm) de diámetro aproximadamente 24 pulgadas (210mm) de largo, con el extremo redondeado a apisonar una punta semiesférica del mismo diámetro. Ambos extremos pueden ser redondeados, si se prefiere.

4.5 Vibradores: los vibradores internos pueden tener ejes rígidos o flexibles, de preferencia impulsados por motores eléctricos. La frecuencia o vibración será 7000 vibraciones por minuto o superior mientras esta en uso. El diámetro exterior o dimensión lateral y no superior a 1,50 pulgadas (38mm). La longitud combinada del eje y elemento vibrante excederá la profundidad máxima de la sección que se hace vibrar por lo menos 3 pulgadas (76mm). Cuando se utilizan vibradores externos, que deben ser el tipo de tabla o tablón. La frecuencia de los vibradores externos será de al menos 3600 vibraciones por minuto. Por tanto, mesa y vibradores, se preverá para la sujeción del molde de forma segura al aparato. Un tacómetro vibrante debe ser utilizado para comprobar la frecuencia de vibración.

4.6 Mazo: un mazo con cabeza de goma o cuero sin curtir un peso.

4.7 Pequeñas herramientas: herramientas y artículos que pueden ser necesarias son la palas, cubos, paletas, flotadoras de madera, de metal, paletas flotantes romas, corte recto, calibrador, cucharones y las normas.

4.8 Asentamiento: el aparato para la medición de caída deberán ajustarse a los requisitos del Método de Ensayo C 143.

4.9 El muestreo y la mezcla receptáculo. El recipiente será un adecuado recipiente de metal de pesado calibre, carretilla, o de plano, limpio, no lamina absorbente. Mezcla de capacidad suficiente para permitir la remezcla fácil de toda la muestra con una pala o paleta.

4.10 Aparatos de aire: el aparato para medir el contenido de aire se ajustará a los requisitos de los Metodos de Ensayo C 173 o C 231.

5. Muestras de prueba

5.1 Muestras de resistencia a la compresión: muestras de resistencia a la compresión serán cilindros de hormigón endurecido y en una posición vertical, con una longitud igual al doble del diámetro.

La muestra será el estándar de 6 por 12 pulgadas, del cilindro cuando el tamaño máximo del árido grueso no exceda de 2 pulgadas (50mm), ya sea la muestra de hormigón, será tratada por tamizado en húmedo como se describe en el Método C 172 o el diámetro del cilindro será de al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso en el concreto. Al menos que sea requerido por las especificaciones del proyecto, los cilindros de menos de 6 a 12 pulgadas no se hará en el campo.

5.2 Muestras de resistencia a la flexión: muestras de resistencia a la flexión serán de vigas rectangulares de hormigón y se endurece con ejes largos horizontales. La longitud será de al menos 2 pulgadas (50mm) mayor de tres veces la profundidad según las pruebas realizadas. La relación entre anchura y profundidad como moldeado no excederá de 1,5 pulgadas. El rayo estándar será de 6 por 6 pulgadas (152 por 152 mm) en la sección transversal, y se utilizara para el concreto con agregado de tamaño grueso máximo de hasta 2 pulgadas (50mm). Cuando el tamaño máximo nominal del agregado grueso superior a 2 pulgadas (50mm), la dimensión transversal más pequeña sección de la viga no deberá ser al menos tres veces el tamaño máximo nominal del agregado grueso. Menos que sea requerido por las especificaciones del proyecto, las vigas hechas en el campo no deben tener un ancho o profundidad de menos de 6 pulgadas.

6. Toma de muestras de concreto

6.1 Las muestras utilizadas para la fabricación de probetas de ensayo bajo esta norma, se obtendrán de acuerdo con el Método C 172 menos que un procedimiento alternativo ha sido aprobado.

6.2 Anotar la identidad de la muestra con respecto a la ubicación del hormigón representado y el momento de la colada.

7. Asentamiento, contenido de aire y la temperatura

7.1 Asentamiento: medir la caída de cada lote concreto, de la cual las muestras se hizo, inmediatamente después de mezclar en el recipiente, como se requiere.

7.2 Contenido de aire: determinar el contenido de aire de acuerdo con el método de prueba ya sea C 173 o Método de ensayo C 231. El hormigón utilizado en la realización de la prueba de contenido de aire no debe utilizarse en la fabricación de probetas de ensayo.

7.3 Temperatura: determinar la temperatura de acuerdo con el Método de ensayo C 1064.

8. Moldura de muestras

8.1 Lugar de moldura: las muestras de molde rápidamente se colocan sobre una superficie plana y rígida; libre de las perturbaciones de vibración y de otro tipo, en un lugar lo más cerca posible del lugar donde vayan a ser almacenados.

8.2 Colocación del concreto: coloque el concreto en los moldes con un cucharón, espátula o una pala. Seleccione cada uno, la muestra de concreto debe ser representativa del lote. Remezcle el hormigón en el molde, la mezcla con una pala o cuchara para evitar la segregación durante el moldeo de las muestras. Mover la pala, alrededor del perímetro de la apertura del molde cuando la adición de concreto para asegurar una distribución uniforme del concreto y minimizar la segregación. Además, distribuir el concreto mediante el uso de un pisón antes del inicio de la consolidación. Al colocar la última capa del operador intente agregar una cantidad de concreto que será exactamente para llenar el molde después de la comparación.

8.2.1 Número de capas: realizar las capas de las muestras como se indica en la tabla 1.

8.3 Consolidación

8.3.1 Métodos de consolidación: preparación de muestras satisfactorias requiere distintos métodos de consolidación. Los métodos de consolidación de vibración externa o interna. Basar la selección del método de consolidación en la cuchara, a menos que el método que se indica en las especificaciones bajo el cual se realiza el trabajo. Las barras de concreto con una caída superior a 3 pulgadas (75mm). Las barras de concreto con una caída superior a 3 pulgadas. Vibrar concreto con asentamientos de menos de 1 pulgada (25mm). El concreto de dicho contenido bajo de agua que puede ser adecuadamente consolidado por los métodos descritos aquí, o que requieren otros tamaños y formas de especímenes para representar el producto o estructura, no están cubiertos por este método. Las muestras para concreto se harán de acuerdo con los requerimientos de la Práctica C 192 con respecto al tamaño de la muestra y la forma y método de consolidación.

8.3.2 Envarillado: coloque el concreto en el molde, en el número requerido de capas de un volumen aproximadamente igual. Para cilindros, varilla cada capa con el extremo redondeado de la varilla utilizando el número de golpes especificados en la tabla 2. El número de envarillados por capa requerida para vigas es una para cada 2 pulgadas (13cm) área de superficie superior de la muestra. La capa inferior de la barra en toda su profundidad se deben distribuir los trazos uniformemente sobre la sección transversal del molde y para cada capa superior permite la varilla de penetrar aproximadamente $\frac{1}{2}$ pulgada en la capa subyacente cuando de la capa es inferior a 4 pulgadas y aproximadamente 1 pulgada cuando la profundidad es de 4 pulgadas o más.

Después de cada capa de la varilla, se debe darle un toque en la parte exterior del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo, para cerrar todos los huecos dejados por la varilla y para liberar las burbujas de aire de gran tamaño que pudieron haber sido atrapadas. Utilice una mano abierta para tocar bajo calibre de un solo uso moldes cual son susceptibles al daño si golpea con un mazo. Después de la grabación, la pala de concreto en los laterales y los extremos de los molde de vigas con una llana u otra herramienta adecuada.

8.3.3 Vibración: mantener un periodo de tiempo uniforme de duración de la vibración para el tipo particular de molde de hormigón, vibrador y la muestra en cuestión. La duración de la vibración requerida dependerá de la trabajabilidad del hormigón y la eficacia del vibrador. Por lo general, la vibración se ha aplicado suficiente tan pronto como la superficie del hormigón se ha convertido en relativamente lisa. Continuar con la vibración solo el tiempo necesario para lograr la consolidación adecuada del hormigón. La sobre vibración puede causar segregación. Rellenar los moldes y vibrar en el número requerido de capas aproximadamente iguales.

Colocar todo el concreto para cada capa en el molde antes de iniciar la vibración de dicha capa. Al colocar la capa final, evitar el llenado excesivo de más de ¼ pulgadas. Finalizar la superficie ya sea durante o después de la vibración. Cuando el acabado se aplica después de la vibración, agregue solo superficie concreto con una llana para llenar demasiado el molde de 1/8 de pulgada. El trabajo que en la superficie y luego golpear apagado.

8.3.3.1 Vibración interna: el diámetro del elemento vibratorio o el espesor de un elemento cuadrado de vibración, debe estar de acuerdo con los requisitos de 4.5. Para las vigas, el elemento vibratorio no excederá de 1/3 de la anchura del molde. Para los cilindros, la relación del diámetro del cilindro superior. En la compactación de la muestra, el vibrador no se les permite descansar en el fondo o los lados del molde. Retirar cuidadosamente el vibrador de tal manera que no queden bolsas de aire esta a la izquierda de la muestra.

8.3.3.2 Cilindros: use tres inserciones del vibrador en diferentes puntos para cada capa. Permitir el vibrador para penetrar a través de la capa que se hace vibrar, y en la capa inferior aproximadamente 1 pulgada (25mm). Después de que cada capa se hace vibrar, toque la parte exterior del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo para cerrar los agujeros que quedan y para liberar las burbujas de aire de gran tamaño que podrían haber quedado atrapadas. Usar una mano abierta para golpear ligeramente calibre ligero de un solo uso moldes cual son susceptibles al daño si golpea con un mazo.

8.3.3.3 Insertado el vibrador a intervalos no superiores a 6 pulgadas (150mm) a lo largo de la línea central de la dimensión larga de la muestra. Para muestras más amplias de 6 pulgadas, use inserciones alternando a lo largo de dos líneas. Permitir que el eje del vibrador deje de penetrar en la capa inferior de aproximadamente 1 pulgada.

Después de que cada capa se hace vibrar, toque la parte exterior del molde ligeramente de 10 a 15 veces con el mazo para cerrar los huecos dejados y las burbujas de aire de gran tamaño que podrían haber quedado atrapadas.

8.3.4 Vibración externa: cuando se utiliza la vibración externa, tener cuidado de asegurarse de que el molde está unido rígidamente o firmemente sujeta contra el elemento vibratorio.

9. Curación

9.1 Cubriendo después de terminar: inmediatamente después del acabado tener cuidado para evitar la evaporación y pérdida de agua de las muestras. Proteger las superficies exteriores de los moldes de cartón de contacto con mantas húmedas u otras fuentes de agua.

Moldes de cartón pueden expandir y dañar las muestras a una edad temprana si el exterior del molde absorbe agua. Cubra las muestras con una placa absorbente, no creativa o lámina de plástico impermeable. Arpillera húmeda puede utilizarse sobre la placa o lamina plástica para ayudar a retardar la evaporación, pero la arpillera no debe estar en contacto con la superficie del hormigón.

9.2 Curar las muestras para comprobar la idoneidad de las proporciones de mezcla para la fuerza o como base para la aceptación o el control de calidad.

9.2.1 Curado inicial

9.2.1.1 Curado inicial en el aire: durante el periodo inicial después del moldeo de la temperatura inmediatamente adyacente a las muestras se mantiene en el intervalo de 60° a 80 °F y pérdida de humedad de las muestras deberán ser prevenidas. Los diferenciales de temperatura entre las muestras deberán ser controladas mediante el blindaje de los rayos directos del sol y de los aparatos de calefacción radiante. Las muestras no deben ser transportadas ya que se retiran de los molde después del curado inicial y estándar como es requerido por el inciso 9.2.2. Las muestras que deben ser transportadas después de 48 horas se desmoldan en 24 horas. Curado, luego se continuara pero en agua de cal saturada hasta el momento de su transporte.

9.2.1.2 Curado inicial de cilindros de agua: inmediatamente después del moldeo sumergir las muestras en agua de cal saturada. Este curado no es aceptable para los especímenes en molde de cartón o moldes que se expande cuando se sumergen en agua. Retirar las muestras de moldes a 24 horas, proteger la pérdida de humedad y dentro de 30 minutos iniciar curado estándar como se requiere en el inciso 9.2.2.

10. Transporte de muestras al laboratorio

Las muestras no deberán ser transportadas desde el campo al laboratorio antes de completar el curado inicial. Las muestras para ser transportadas antes de una edad de 48 horas no se desmoldan antes de la terminación del transporte. Antes de transportar, las muestras se subsana y protege como se requiere en la sección 9. Durante el transporte las muestras deberán ser protegidas con un material amortiguador adecuado para evitar daños por sacudidas y de las temperaturas de congelación, o la pérdida de humedad.

La pérdida de humedad puede evitarse envolviendo los especímenes en plástico o rodea con área húmeda o polvo de sierra húmeda. Cuando las muestras son recibidas por el laboratorio, deberán ser retiradas de los moldes si no se hace antes del envío y se coloca en el curado estándar requerido

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Centro de información a la construcción.
Consulta: 23 de junio de 2012.

Anexo 5. Hoja de control de las órdenes de trabajo de la Sección de Metales

O.T. No.	PROCEDENCIA	CDB.	No. De hojas	MATERIAL	Hoja No. Año 2011		FIRMA RECIBIDO
					FECHA ENTRADA	FECHA ENTREGA	
27662	Emcentral S.A.	/		2 p rodetoy de metal	11-1-2011 8:24	13-1-2011	Mull
27663	Emcentral S.A.	/		2 p rodetoy de metal	11-1-2011 8:24	13-1-2011	Mull
27660	Adeblock.	/		1 Rodopim	11-1-2011 8:52	14-1-2011	Mull
27664	Adeblock.	/		1 Rodopim	11-1-2011 8:52	14-1-2011	Mull
27667	Acta	/		2 barras	11-1-2011 12:00	13-1-2011	Mull
27669	Poliproductor de S.	/		R.16 de protección Resistencia Inicial	12-1-2011 11:30	17-1-2011	Mull
27670	Romero y Soto c/a. Calgado Duro	/		5 Muestras Sapato p. acero	12-1-2011 11:30	14-1-2011	Mull
27677	Castañeda y Molera Ingenieros	/		6 barras	14-1-2011 10:48	14-1-2011	Mull
27685	Tecnicas Industriales	/		4 Ladillas	18-1-2011 10:20	21-1-11	Mull
27687	Blanca Ingeniería y Empres S.A.	/		1 cable 3/8"	18-1-2011 11:55	19-7-2011 Mull	Fl. 1.1

7010

Fuente: Centro de Investigaciones de Ingeniería, Sección de Metales. Consulta: 25 de enero de 2012.

Anexo 6. **Carta de autorización para ingresar al botadero de ripio de la Dirección de Servicios Públicos de la Municipalidad de Villa Nueva**



Municipalidad de Villa Nueva

MVN.DSP-OF. 91-2012

Villa Nueva 16 de Febrero del 2012

Señor:
Josué Iván del Cid
Estudiante Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos
Presente

Asunto: Autorización para ingresar al botadero de ripio de Ciudad Real II.

Señor del Cid:

De manera atenta me dirijo a usted, con relación al apoyo solicitado para poder ingresar al botadero de ripio ubicado en la 3ª avenida y 8ª calle zona 12 Ciudad Real II, en apoyo al proyecto de tesis que se encuentra realizando en la Sección de la madera del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos.

Por lo expuesto anteriormente se hace de su conocimiento que esta Dirección AUTORIZA que los días viernes en un horario de 11:00 a 12:30 horas ingresen al vertedero los siguientes vehículos:

- Pick-up marca Nissan, placas O857BBK color arena
- Pick-up marca Nissan, placas O 8588BK color gris

Así mismo se informa que se coordinará realizar un duplicado de las llaves, para que puedan ingresar sin ningún inconveniente.

Atentamente,


Jorge Aníbal Chacon Orozco
Director de Servicios Públicos



MLAC
c.c. Archivo

Dirección de Servicios Públicos
7ª avenida final 7-53 zona 5 Colonia los Planes

Call Center: 1531

Fuente: Municipalidad de Villa Nueva, Dirección de servicios públicos. Consulta 16 de febrero de 2012.

Anexo 7. **Cotización de la trituradora de mandíbula PE-400**



Cotización 477-11

Guatemala 15 de Febrero del 2012

Sr. Josué de Cid

Cotización de Trituradora de mandíbula PE-400

Por su necesidad, hacemos esta cotización para usted:

1. Descripción

Trituradora de Mandíbula PE400 x600x 30

2. Plazo de entrega

Los productos mencionados estarán listos para la entrega en 5-6 semanas después de recibir el anticipo de garantía.

3. Forma de pago: El 65% de anticipo 35 % contra entrega.

4. Embalaje: Los productos se procesan para ser a prueba de herrumbre y de la humedad antes de la entrega. Las piezas pequeñas se colocan en cajas de madera, las piezas grandes están envueltas por hojas de plástico.

5. Garantías: Nosotros garantizamos la calidad de las máquinas (excepto de las piezas de desgaste) por un año desde el final de ejecución del juicio, pero no exceder de 15 meses desde la fecha en que las máquinas salen de la fábrica.

6. Especificaciones

Modelo: PE400X600

Tamaño de entrada (mm): 400X600

Tamaño máxima de entrada (mm): 350

Margen de ajuste (mm): 40-100

Capacidad (t/h): 15-60

Peso (t): 7

Av. 17 de febrero 17 Av. 24-77 Zona 11 C-8T III (frente a Gasolinera (Caso Sanchez)
Teléfono: 2476-9450 2476-6742 5326-5790 E-mail: beta@beta.com

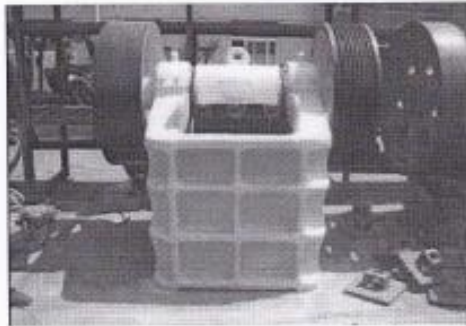
Continuación del anexo 7.

Beta

Representaciones

Dimensión total(mm): 1700X1732X1653

Precio Q. 245,650.00 *PRECIO NO INCLUYE MOTOR



MOTOR A GASOLINA DE 25HP Q. 26,500.00

Sin otro particular y en espera de poder servirle,
Atentamente,

Tehilor Guzmán Tello


Anillo periférico 17 Av. 22-77 Zona II 6&T III (Frente a Gasolinera Esso Charcos)
Telefax: 2476-3468, 2476-6542, 5308-9090 E-mail: beta@itelgua.com

Fuente: Beta Representaciones. Consulta 15 de febrero de 2012.

Anexo 8. **Cotización de camión marca HINO de 5 toneladas con equipo de volteo**



Cotización No. 1120700216

Miembro del grupo  **sika**  **motors**

CALZADA ROOSEVELT 15-78 ZONA 7
NT: 96254-0 Teléfono: 24254886 Fax: 24714838
Emisión: 30/7/12 10:35:55 GACHUR

GUATEMALA, 30 de Julio de 2,012

SR.
JOSUE DEL CID

Por este medio nos permitimos presentarle la cotización del CAMION Marca HINO, Serie XZU710L-HKFQL3, Modelo 2012, para su consideración:

Moneda de Cotización: DOLARES Tasa Cambio de hoy: 7.87000

CONTADO NUEVO

Precio sin IVA	:	34,990.00
(-)Descuento	:	2,000.00
SUBTOTAL	:	32,990.00
(+)Accesorios	:	13,500.00
(+) IVA	:	5,578.80
PRECIO VENTA TOTAL	:	52,068.80
Gastos de Venta en QUETZALES		
Placas	:	0.00 **



Garantía: El periodo de garantía es de 3 años o 100,000 kms.

Los precios ofrecidos son válidos por ocho días a partir de la fecha de cotización.

Gustavo Adolfo Chur Estrada
MOTORES HINO DE GUA.

Continuación del anexo 8.

**SERIE 300 XZU710L-FQ
DUTRO 4X2 MODELO 2012**

De acuerdo a su solicitud, nos es grato presentarles la siguiente cotización:

MOTOR	
MARCA/TIPO	Hino/ N04C-VB
CARACTERISTICAS	Diesel 4 tiempos enfriado por agua, 4 cilindros en linea.
POTENCIA	160 HP 2,800 rpm
TORQUE MAXIMO	42.8 Kgm./1,400 rpm
DESPLAZAMIENTO	4,009 Cms. cúbicos
GOBERNADOR CON	Control electrónico tipo riel comun
SISTEMA DE INYECCION	Directa
ASPIRACION Y NIVEL DE EMISIONES	Turbocargado con Intercooler --- EURO III

GENERALES	
CAPACIDAD REAL DE CARGA	5.25 Toneladas
VELOCIDAD MAXIMA	130 Kilómetros por hora
GRADEABILIDAD	49%
PESO BRUTO VEHICULAR	7,000 Kg (15,400 lbs)

SISTEMA ELECTRICO		
ALTERNADOR	24 Voltios/60AMP.	2 baterias de 12 V. cada una
FAROS DELANTEROS y Otros	2 Faros delanteros y Faroles antiniebla	

TRANSMISION	
CAJA DE VELOCIDADES	Modelo MYY6S de 6 cambios adelante mas un retroceso.
EMBRAGUE	Monodisco seco de 12,7"
EJE DELANTERO	Tipo "I" Elliot invertido capacidad de 2,660 Kgs. (5,852 lbs)
EJE TRASERO	5,060 Kgs. (11,132 Lbs)
SUSPENSION DELANTERA	De ballestas multihojas reforzadas

Continuación del anexo 8.

SUSPENSION TRASERA	De ballestas multihojas reforzadas
--------------------	------------------------------------

FRENOS	
	Frenos Hidráulicos de doble circuito
FRENOS DELANTEROS	De tambor
FRENOS TRASEROS	De tambor
FRENO DE MOTOR	Tipo mariposa, al tubo de escape accionado desde la cabina por el conductor.
FRENO DE ESTACIONAMIENTO	Tipo mecánico, al árbol de la caja (transmisión) accionado desde la cabina.

VARIOS	
DIRECCION	HIDRAULICA, columna de dirección inclinable y ajustable
NEUMATICOS	Tamaño 7.50 R16 de 10PR
INSTRUMENTOS	Velocímetro, Odómetro y Tacómetro
	Indicador de aceite
	Indicador de temperatura de agua
	Indicador de vacío
	Indicador de luces reglamentarias
	Indicadores de freno de escape
CABINA	Totalmente de acero con preparación especial anticorrosiva. Panorámica con alta visibilidad, moderno panel de instrumentos, múltiples compartimientos y consola. Abatible con fácil acceso al servicio del motor. Puertas de fácil acceso y abatibles a 90 grados. Estribo de aluminio reversible

DIMENSIONES			
DISTANCIA ENTRE EJES	3,430 m.m.	ALTO TOTAL	2,240 m.m.
CARROCERIA RECOMENDADA	15 PIES DE LARGO	ANCHO TOTAL:	1,995 mm

Fuente: Motores HINO. Consulta 30 de julio de 2012.