

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS APLICADO A UN INGENIO AZUCARERO

Trabajo de graduación presentado por:

Luis Fernando Alay Lemus para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Luisa Fernanda Barrios Velásquez para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

José Alfredo Cahueque Archila para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Helen Sofía Coronado Roca para optar al grado académico de Licenciada en Educación

Carlos Alfredo Cruz Arana para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Rolando José Flores Palacios para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería de Alimentos

Rossana María Garzaro Chavarría para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Roberto Carlos Palencia Villaseñor para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Francisco Parra Maza para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Johann Weinert para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,

2012

DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANEJO DE DESECHOS
SÓLIDOS APLICADO A UN INGENIO AZUCARERO

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANEJO DE DESECHOS SÓLIDOS APLICADO A UN INGENIO AZUCARERO

Trabajo de graduación presentado por:

Luis Fernando Alay Lemus para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Luisa Fernanda Barrios Velásquez para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Química

José Alfredo Cahueque Archila para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Helen Sofía Coronado Roca para optar al grado académico de Licenciada en Educación

Carlos Alfredo Cruz Arana para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Rolando José Flores Palacios para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería de Alimentos

Rossana María Garzaro Chavarría para optar al grado académico de Licenciada en Ingeniería Industrial

Roberto Carlos Palencia Villaseñor para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Francisco Parra Maza para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Industrial

Johann Weinert para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Civil

Guatemala,


2012

Vo. Bo. :

(f) 

(Ing. Cristián Rossi)


Examinadores:

(f) 

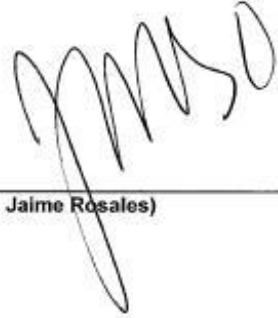
(Ing. Gamaliel Zambrano)

(f) 

(Ing. Cristián Rossi)

(f) 

(Ing. Henry Oukier)



(f) _____
(Ing. Jaime Rosales)



(f) _____
(Ing. Danilo Mirón)



(f) _____
(Lic. Ana Silvia Colmenares)



(f) _____
(Lic. Osbel Núñez)

(f) 
(Ing. Estuardo Sierra)

(f) 
(Arq. Maria Elena Ortiz)

(f) 
(Licda. Sylvia Yofa)

(f) 
(Lic. Estuardo Guardia)

Fecha de aprobación del examen de graduación:
Guatemala, miércoles 28 de noviembre de 2012

ÍNDICE

Lista de tablas	ix
Lista de figuras	xiv
Resumen	xix
I. Introducción.....	1
II. Marco teórico	4
A. Desechos sólidos	4
1. Clasificación de desechos sólidos	4
2. Diagnóstico ambiental.....	7
B. Sistema de gestión ambiental.....	7
1. Programa de manejo de desechos sólidos.....	7
2. Disposición final.....	11
C. Obra civil	53
1. Estudio topográfico	53
2. Movimiento de tierras.....	54
3. Cimentaciones.....	54
D. Investigación social.....	57
1. Método inductivo	57
2. Método deductivo	57
3. Métodos de investigación cuantitativa y cualitativa.....	57
E. Sistematización	59
F. Planta de alimentos.....	61
1. Los contenedores de residuos.....	61
2. Residuos derivados del proceso de alimentos	62
3. Salida de planta	63
4. Personal de manejo de residuos	63
5. Retiro de residuos al exterior de planta	64
III. Antecedentes	65

IV.	Justificación.....	71
V.	Objetivos.....	72
	A. Objetivo general.....	72
	B. Objetivos específicos.....	72
VI.	Delimitación e impacto del tema	77
VII.	Metodología.....	78
	A. Etapa preliminar.....	78
	1. Visitas de campo.....	78
	2. Búsqueda en la literatura:.....	78
	B. Etapa de desarrollo	78
	1. Elaboración del procedimiento general de baterías y contenedores.....	78
	2. Implementación del programa de manejo de desechos sólidos en las distintas áreas del ingenio	79
	3. Auditorías.....	79
	4. Centro de acopio	80
	5. Rutas de recolección de baterías y contenedores de acopio, y horarios	82
	3. Aceites de fusel	82
	4. Producción de biogás.....	83
	5. Compostaje	87
	6. Reciclaje de termoplásticos.....	88
	7. Programa Educativo Ambiental.....	88
VIII.	Resultados.....	90
	A. Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.....	90
	B. Auditorías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	92
	C. Centro de acopio	93
	D. Recolección de contenedores y transporte	96
	E. Disposición final de desechos	104
	1. Aceites de Fusel.....	104
	2. Biogás.....	105
	3. Compostaje	114
	4. Termoplásticos	121
	F. Programa Educativo Ambiental	122

IX.	Discusión.....	123
A.	Implementación del programa de manejo de desechos sólidos	123
1.	Prevenición de generación de desechos sólidos en gestión de compras	124
2.	Procedimiento general de baterías y contenedores	125
3.	Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Fábrica	130
4.	Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en destilería (Magalcoholes) .	131
5.	Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en MAGRISA	131
6.	Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en plantas de alimentos.....	132
7.	Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en módulos habitacionales ...	135
B.	Auditorías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	137
1.	Auditoría de Baterías del Programa de Manejo de Desechos	137
2.	Auditoría de Contenedores de Acopio del Programa de Manejo de Desechos.....	140
C.	Centro de acopio	141
1.	Diseño y análisis de infraestructura.....	141
2.	Logística de manejo de desechos sólidos en el centro de acopio	143
3.	Recolección y transporte	145
D.	Disposición final de desechos	149
1.	Aceites de Fusel.....	149
2.	Biogás.....	152
3.	Reciclaje de termoplásticos.....	170
4.	Compostaje	172
E.	Programa Educativo Ambiental	175
X.	Conclusiones.....	178
A.	Procedimiento general de baterías y contenedores	178
B.	Procedimientos de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	178
C.	Auditorías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	180
D.	Centro de acopio	181
E.	Disposición final	183
F.	Programa Educativo Ambiental	188
XI.	Recomendaciones	190
XII.	Bibliografía.....	198
XIII.	Apéndice A: PROCEDIMIENTOS.....	205

A.	Procedimiento para la prevención de generación de desechos sólidos en gestión de compras	205
B.	Procedimiento general de baterías y contenedores	208
C.	Procedimiento de implementación del programa de manejo de desechos sólidos en área industrial: Fábrica	231
D.	Procedimiento de implementación del programa de manejo de desechos sólidos en área industrial: Magalcoholes	233
E.	Procedimiento de implementación del programa de manejo de desechos sólidos en área Industrial: MAGRISA.....	234
F.	Instructivo estándar de saneamiento evacuación de desechos sólidos en planta de alimentos	239
G.	Procedimiento de implementación del programa de manejo de desechos sólidos en planta de alimentos.....	241
H.	Procedimiento de mantenimiento de equipo y área de limpieza en planta de alimentos.....	242
I.	Procedimiento manejo de desechos sólidos, evacuación de contenedores en planta de alimentos.....	245
J.	Procedimiento de implementación del programa de manejo de desechos sólidos en módulos habitacionales	257
XIV.	Apéndice B: REGISTROS	265
A.	Registros del procedimiento general de baterías y recipientes.....	265
B.	Registros de la auditoría de baterías del programa de manejo de desechos sólidos	271
C.	Registro de la auditoría de contenedores del programa de manejo de desechos sólidos	275
D.	Reporte de auditoría de baterías del PMDS	277
XV.	Apéndice C: DOCUMENTOS	283
A.	Documentos del procedimiento de implementación del PMDS en área industrial: Fábrica	283
B.	Documentos de auditorías de baterías	287
C.	Documentos de auditoría de contenedores	296
D.	Documentos del procedimiento de implementación del programa de manejo de desechos sólidos en planta de alimentos	302
XVI.	Apéndice D: CENTRO DE ACOPIO	308
A.	Diagramas y esquemas	308

B.	Procedimiento de operación del centro de acopio	320
C.	Registros del procedimiento de operación de centro de acopio de desechos sólidos.....	327
1.	Registro de ingreso de desechos al centro de acopio	327
2.	Registro de entrega de desechos sólidos a terceros	330
3.	Registro de presencia de desechos de alto riesgo en el centro de acopio	331
D.	Transporte y rutas de recolección.....	332
E.	Análisis económico de transporte y rutas de recolección	337
XVII.	Apéndice E: ACEITES DE FUSEL	338
A.	Diagramas y esquemas	338
B.	Resultados cromatografía HPLC.....	340
C.	Cálculo de muestra.....	347
D.	Datos calculados.....	351
XVIII.	Apéndice F: BIOGÁS.....	353
A.	Diagramas y esquemas	353
B.	Datos originales.....	362
C.	Cálculo de muestra.....	371
D.	Datos calculados.....	393
E.	Análisis estadístico	415
F.	Análisis económico de la planta de biogás	419
G.	Figuras relacionadas	426
XIX.	Apéndice G: TERMOPLÁSTICOS.....	433
A.	Datos originales.....	433
B.	Cálculo de muestra.....	433
C.	Análisis económico.....	436
XX.	Apéndice H: COMPOSTAJE.....	445
A.	Diagramas y esquemas	445
B.	Datos originales.....	447
C.	Cálculo de muestra.....	455
D.	Datos calculados.....	458
E.	Figuras relacionadas	464
XXI.	APÉNDICE I: PROGRAMA EDUCATIVO AMBIENTAL.....	470

XXII.	APÉNDICE J: GLOSARIO, ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS Y SUBÍNDICES	484
A.	Glosario.....	484
B.	Acrónimos.....	488
C.	Abreviaturas.....	488
D.	Subíndices.....	489

LISTA DE TABLAS

Tabla No. 1:	Propiedades de los componentes de los aceites de fusel.....	12
Tabla No. 2:	Ventajas y desventajas en cada método	20
Tabla No. 3:	Comparación sistema continuo y discontinuo de destilación	20
Tabla No. 4:	Comparación entre torres de platos y empacada	21
Tabla No. 5:	Resultados finales de obtención de alcohol amílico – Método de Rotaevaporación 60°C y 844 mbar	23
Tabla No. 6:	Importaciones y exportaciones para los componentes de interés en el país de Guatemala para el periodo 2002-2011	24
Tabla No. 7:	Características generales del biogás.	26
Tabla No. 8:	Contenidos de porcentaje de nitrógeno y relación carbono/nitrógeno de distintos materiales.....	40
Tabla No. 9:	Usos comunes de los diferentes tipos de plásticos	46
Tabla No. 10:	Métodos propuestos para la sistematización	60
Tabla No. 11:	Áreas del Ingenio Magdalena, S.A.	66
Tabla No. 12:	Cantidad de desechos orgánicos (procesados y no procesados) promedio producidos diariamente por tipo de desecho, con su respectivo máximo, mínimo y porcentaje representativo.....	67
Tabla No. 13:	Cantidad de desechos orgánicos totales promedio producidos diariamente, con su producción máxima y mínima por período.....	67
Tabla No. 14:	Cantidad total de desechos orgánicos producidos por período, de acuerdo a su clasificación de procesados y no procesados y su porcentaje total.....	68
Tabla No. 15:	Procedimientos elaborados para implementar el Programa de Manejo de Desechos Sólidos en el ingenio	90
Tabla No. 16:	Costos de materias primas perdidas en caso se produzca una contaminación en planta de alimentos.....	90
Tabla No. 17:	Merma en la productividad de los cortadores de caña por intoxicación alimentaria. Un trabajador corta 35x35 metros por día	91
Tabla No. 18:	Cuantificación, caracterización de desechos sólidos en la planta de alimentos	91
Tabla No. 19:	Procedimientos y documentos elaborados para implementar el Programa de Manejo de Desechos Sólidos en la planta de alimentos	91
Tabla No. 20:	Resultados del diseño de la auditoría de baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.....	92

Tabla No. 21:	Resultados del diseño de la auditoría de contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.	92
Tabla No. 22:	Datos totales de secciones utilizadas en el Centro de Acopio.	93
Tabla No. 23:	Materiales utilizados para el diseño del Centro de Acopio.	94
Tabla No. 24:	Datos totales de secciones utilizadas.	94
Tabla No. 25:	Distintas combinaciones de cargas en el marco.	95
Tabla No. 26:	Documentos elaborados para definir la logística y control dentro del Centro de Acopio	95
Tabla No. 27:	Ubicación propuesta de contenedores de acopio en el ingenio	96
Tabla No. 28:	Resultados de tiempo y recorrido en la ruta de recolección.	98
Tabla No. 29:	Estado de resultados y flujo de efectivo propuesta Método de Recolección de Desechos Sólidos	99
Tabla No. 30:	Período de recuperación de la inversión para la modificación del Método de Recolección	100
Tabla No. 31:	Tabla de resumen de análisis financiero de la propuesta del Método de Recolección	100
Tabla No. 32:	Compuestos mayoritarios en la muestra de aceites de fusel.	104
Tabla No. 33:	Fracciones de los componentes de la mezcla inicial de aceites de fusel	104
Tabla No. 34:	Volumen de los componentes de interés que pueden obtenerse de los aceites de fusel	104
Tabla No. 35:	Ingresos preliminares por carga de 0.4 m ³ (400 L) de aceites de fusel.	105
Tabla No. 36:	Características promedio de los desechos sólidos orgánicos procesados y no procesados del ingenio.	105
Tabla No. 37:	Diagrama de flujo y esquema del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás	105
Tabla No. 38:	Especificaciones del material, equipo y accesorios utilizados para el diseño y elaboración del sistema de fermentación a nivel laboratorio	106
Tabla No. 39:	Potencial de producción de biogás de los desechos orgánicos en la prueba de laboratorio	109
Tabla No. 40:	Resultados cualitativos de la cromatografía de gases en las muestras de biogás producido a partir de los desechos sólidos orgánicos del ingenio.	109
Tabla No. 41:	Características promedio de los desechos producidos diariamente en el ingenio.	109
Tabla No. 42:	Características de la alimentación de la planta piloto	109

Tabla No. 43:	Diagrama de flujo y esquema del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás	110
Tabla No. 44:	Especificaciones del equipo de la planta piloto	111
Tabla No. 45:	Balance de masa del biodigestor	112
Tabla No. 46:	Diseño del biodigestor y diámetro de tubería para transportar biogás.....	112
Tabla No. 47:	Diseño del tanque de entrada del biodigestor	113
Tabla No. 48:	Diseño del tanque de salida del biodigestor	113
Tabla No. 49:	Diseño del reservorio de biogás.....	113
Tabla No. 50:	Diseño del adsorbedor de H ₂ S	114
Tabla No. 51:	Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno de la inversión y Tiempo de Retorno de la inversión de la planta de biogás con una tasa VAN del 15%	114
Tabla No. 52:	Densidad de los desechos utilizados en el compostaje	114
Tabla No. 53:	Energía promedio por radiación absorbida por mecanismo de aireación y por pila	115
Tabla No. 54:	Consumo energético promedio total para cada mecanismo de producción de compost.....	115
Tabla No. 55:	Cantidad de compost producido y residuos en cada pila para cada mecanismo.	118
Tabla No. 56:	Datos promedio de nutrientes, materia orgánica presente y concentración de sales presentes en pilas de compost con aireado natural.....	119
Tabla No. 57:	Datos promedio de nutrientes, materia orgánica presente y concentración de sales presentes en pilas de compost con aireado mecánico.	119
Tabla No. 58:	Energía por radiación promedio consumida por pila.....	119
Tabla No. 59:	Energía consumida por el soplador.....	119
Tabla No. 60:	Consumo de energía absorbida por Pila.....	120
Tabla No. 61:	Dimensionamiento de la pila nivel industrial	120
Tabla No. 62:	Material y costo de los mismos para el montaje de las pilas	120
Tabla No. 63:	Equipo de control y equipo para el procesamiento del compost, con su respectivo costo.	121
Tabla No. 64:	Costo de implementación del sistema para compost.	121
Tabla No. 65:	Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno de la inversión y Tiempo de Retorno de la inversión de la planta de reciclado de plásticos con una tasa VAN del 15%	121

Tabla No. 66:	Material para capacitaciones del Progrma de Manejo de Desechos Sólidos del personal de IMSA	122
Tabla No. 67:	Códigos de área para las áreas del ingenio	212
Tabla No. 68:	Códigos para cada categoría de desecho	213
Tabla No. 69:	Color que representa a cada categoría de desecho.....	214
Tabla No. 70:	Niveles a los que se debe extraer la bolsa de los recipientes para las diferentes categorías de desechos.....	222
Tabla No. 71:	Cantidad de contenedores y promedio de desechos por turno.	240
Tabla No. 72:	Áreas del Ingenio Magdalena, S.A. y su respectiva cantidad de baterías totales y a evaluar en la auditoría.....	288
Tabla No. 73:	Codificación del tipo de desechos generados en el ingenio.....	291
Tabla No. 74:	Codificación por color del tipo de desechos generados en el ingenio.....	294
Tabla No. 75:	Horarios de rutas de recolección	322
Tabla No. 76:	Clasificaciones en las que se separarán los plásticos.....	324
Tabla No. 77:	Tiempo de recolección de baterías	335
Tabla No. 78:	Tiempo de recolección de contenedor.....	336
Tabla No. 79:	Costos de inversión	337
Tabla No. 80:	Costo del equipo de Seguridad en Quetzales	337
Tabla No. 81:	Ahorros anuales de propuesta en método de recolección	337
Tabla No. 82:	Composición volumétrica, másico y molar, así como sus fracciones.....	351
Tabla No. 83:	Composición de cabezas y colas para los dos fraccionamientos	352
Tabla No. 84:	Volumen e Ingresos proyectados.....	352
Tabla No. 85:	Especificaciones del material, equipo y accesorios utilizados para el diseño y elaboración del sistema de fermentación a nivel laboratorio	354
Tabla No. 86:	Especificaciones del equipo de la planta piloto para producir biogás	358
Tabla No. 87:	Especificaciones de válvulas de la planta piloto	359
Tabla No. 88:	Tara del recipiente utilizado para medir la densidad de los desechos y temperatura del agua utilizada para calibrar su volumen	362
Tabla No. 89:	Masa de agua utilizada para calibrar el volumen del recipiente utilizado para medir las densidades de los desechos.....	362
Tabla No. 90:	Masa de desechos utilizada para obtener la densidad de la segunda muestra.	362

Tabla No. 91:	Masa de desechos utilizada para obtener la densidad de la tercera muestra	363
Tabla No. 92:	Masa de efluente de biodigestor anaerobio utilizado como agua en las pruebas de laboratorio para obtener su densidad	363
Tabla No. 93:	Masa de estiércol de vaca utilizado como inóculo en las pruebas de laboratorio para obtener su densidad	363
Tabla No. 94:	Masa de muestras de reactores tipo A&B para obtener su densidad	364
Tabla No. 95:	Masa de muestras de reactores tipo C&D para obtener su densidad	364
Tabla No. 96:	Masa de muestras de reactores tipo E&F para obtener su densidad	364
Tabla No. 97:	Descripción de primera muestra de desechos, cantidades másicas y sólidos totales registrados por la balanza de humedad	365
Tabla No. 98:	Descripción de segunda muestra de desechos, cantidades másicas y sólidos totales registrados por la balanza de humedad	365
Tabla No. 99:	Descripción de tercera muestra de desechos, cantidades másicas y sólidos totales registrados por la balanza de humedad	366
Tabla No. 100:	Características de los desechos orgánicos procesados y no procesados, para las muestras dos y tres	366
Tabla No. 101:	Sólidos totales de la primera muestra de excremento de vaca.....	366
Tabla No. 102:	Sólidos totales de la segunda muestra de excremento de vaca.....	367
Tabla No. 103:	Sólidos totales de la tercera muestra de excremento de vaca.....	367
Tabla No. 104:	Sólidos totales de la cuarta muestra de excremento de vaca, utilizada como inóculo en las pruebas de laboratorio para producción de biogás	367
Tabla No. 105:	Sólidos totales del efluente del biodigestor de excremento de cerdo, utilizado como agua en las pruebas de laboratorio para producción de biogás	367
Tabla No. 106:	Sólidos totales de los reactores batch utilizados en las pruebas de laboratorio para producción de biogás	368
Tabla No. 107:	Masa de desechos sólidos procesados secos utilizada para realizar la determinación de sólidos volátiles y masa de ceniza restante luego del procedimiento de análisis.....	368
Tabla No. 108:	Masa de desechos sólidos no procesados secos utilizada para realizar la determinación de sólidos volátiles y masa de ceniza restante luego del procedimiento de análisis.....	368
Tabla No. 109:	Masa utilizada de DO procesados y no procesados, de agua e inóculo para formar las mezclas de los reactores de la prueba de laboratorio.....	369

Tabla No. 110:	Volumen efectivo de los reactores utilizados en la prueba de laboratorio de producción de biogás	369
Tabla No. 111:	Sólidos totales experimentales para cada proporción de desecho no procesado y agua	369
Tabla No. 112:	Masas para obtener la densidad de las mezclas con diferentes proporciones desecho/agua	370
Tabla No. 113:	Áreas resultantes de la cromatografía de gases para el reactor B	370
Tabla No. 114:	Áreas resultantes de la cromatografía de gases para el reactor C	370
Tabla No. 115:	Áreas resultantes de la cromatografía de gases para el reactor F.....	371
Tabla No. 116:	Especificaciones del triturador designado para la planta piloto.....	371
Tabla No. 117:	Densidad del agua utilizada para calibrar el volumen del recipiente para medir la densidad de los desechos	393
Tabla No. 118:	Volumen interno del recipiente utilizado para medir la densidad de los desechos.....	393
Tabla No. 119:	Densidades particulares y promedio para la segunda muestra de desechos no procesados y procesados.....	393
Tabla No. 120:	Densidades particulares y promedio para la tercera muestra de desechos no procesados y procesados.....	394
Tabla No. 121:	Densidades particulares y promedio para los lodos del biodigestor utilizados como agua en la prueba de laboratorio	394
Tabla No. 122:	Densidades particulares y promedio para el estiércol de vaca utilizado como inóculo en la prueba de laboratorio	395
Tabla No. 123:	Densidades particulares y promedio para los reactores tipo A&B	395
Tabla No. 124:	Densidades particulares y promedio para los reactores tipo C&D	395
Tabla No. 125:	Densidades particulares y promedio para los reactores tipo E&F	396
Tabla No. 126:	Sólidos totales promedio para las tres muestras de desechos, el inóculo y agua utilizada en las pruebas de laboratorio, y cada uno de los tipos de reactores.....	396
Tabla No. 127:	Sólidos volátiles para las tres muestras de desechos y cada uno de los tipos de reactores.....	397
Tabla No. 128:	Información calculada para la estimación de cantidad de DO procesados y no procesados, inóculo y agua para la prueba de laboratorio en un reactor de 3.78L	397

Tabla No. 129:	Información calculada para la estimación de cantidad de DO procesados y no procesados, inóculo y agua para la prueba de laboratorio en un reactor de 3.78L	398
Tabla No. 130:	Masa requerida de cada componente para realizar la mezcla de la prueba de laboratorio en un reactor de 3.78L	398
Tabla No. 131:	Masa requerida de cada componente para realizar la mezcla de la prueba de laboratorio en un reactor de 2.60	398
Tabla No. 132:	Fracciones másicas de cada componente en cada tipo de reactor	398
Tabla No. 133:	Cantidades de masa contenidas por reactor en cada tipo de reactor de la prueba de laboratorio	399
Tabla No. 134:	Sólidos totales en cada tipo de reactores	399
Tabla No. 135:	Rango y amplitud utilizados para la edificación del histograma de frecuencias de producción total diaria de desechos orgánicos.....	399
Tabla No. 136:	Límite inferior y superior, media, frecuencia absoluta, frecuencia relativa y frecuencia relativa acumulada para cada intervalo del histograma de frecuencias de producción total diaria de DO	400
Tabla No. 137:	Límite inferior y superior, media, frecuencia absoluta, frecuencia relativa y frecuencia relativa acumulada para cada intervalo del histograma de frecuencias de proporción de desechos procesados producidos diariamente.	402
Tabla No. 138:	Sólidos totales teóricos y experimentales para diferentes proporciones agua/desecho no procesado.	404
Tabla No. 139:	Densidades parciales y promedio para cada mezcla con diferente proporción desecho no procesado/agua.	406
Tabla No. 140:	Caudales por corrida y promedio de la bomba centrífuga en la prueba de laboratorio	406
Tabla No. 141:	Caudal utilizado y porcentaje del máximo caudal	407
Tabla No. 142:	Volúmenes promedio de biogás producido por tipo de reactor en la prueba de laboratorio	407
Tabla No. 143:	Velocidad promedio de producción de biogás por tipo de reactor en la prueba de laboratorio	408
Tabla No. 144:	Temperatura del biogás en el reservorio a diferentes tiempos en la prueba de laboratorio	409
Tabla No. 145:	Volúmenes promedio corregidos de biogás producido por tipo de reactor en la prueba de laboratorio.....	410

Tabla No. 146:	Velocidad promedio de producción de biogás corregida por tipo de reactor en la prueba de laboratorio.....	411
Tabla No. 147:	Volumen corregido de biogás acumulado por tipo de reactor en la prueba de laboratorio	412
Tabla No. 148:	Potencial de producción de biogás de los desechos orgánicos en la prueba de laboratorio	412
Tabla No. 149:	Balance de masa del biodigestor	413
Tabla No. 150:	Dimensionamiento del biodigestor y diámetro de tubería para transportar biogás	413
Tabla No. 151:	Dimensiones calculadas para el tanque de entrada	413
Tabla No. 152:	Dimensiones calculadas para el tanque de salida.....	413
Tabla No. 153:	Datos calculados del adsorbedor de H ₂ S	414
Tabla No. 154:	Datos calculados del reservorio de biogás	414
Tabla No. 155:	Biogás y energía producidos por día junto con propano ahorrado	421
Tabla No. 156:	Costo de los materiales y la instalación de la planta piloto de biogás	421
Tabla No. 157:	Flujo de caja con proyección a 10 años de la planta de producción de biogás.....	424
Tabla No. 158:	Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno de la inversión y tiempo de retorno de la inversión de la planta de biogás con una tasa VAN del 15%	425
Tabla No. 159:	Peso de plástico generado anual y mensualmente cada cuatro años hasta el año 2020	433
Tabla No. 160:	Peso mensual promedio de plástico residual, resina virgen y fibra vegetal necesarios para el reciclado de plásticos residuales para el año 2012	435
Tabla No. 161:	Costos totales de materia prima para el proceso de extrusión mensualmente	436
Tabla No. 162:	Modelo y dimensiones de la lavadora de plásticos	436
Tabla No. 163:	Precio y proveedor de la lavadora de plásticos	437
Tabla No. 164:	Especificaciones y modelo de la trituradora de plásticos	437
Tabla No. 165:	Precio y proveedor de la trituradora de plásticos	438
Tabla No. 166:	Rangos de operación acorde al material a trabajar de la trituradora de cuchillas	438
Tabla No. 167:	Modelo y dimensiones del tanque de flotación para lavado de piezas molidas	439
Tabla No. 168:	Precio y proveedor del tanque de flotación para lavado de piezas molidas...	439

Tabla No. 169:	Marca y proveedor de la extrusora de plásticos.....	439
Tabla No. 170:	Especificaciones y precio de la extrusora de plásticos.....	440
Tabla No. 171:	Especificaciones de un tablón de madera	441
Tabla No. 172:	Costos de materia prima, operación y precio de venta del material reciclado	441
Tabla No. 173:	Porcentaje de aplicación para depreciación SMARC ajustado a 10 años.....	442
Tabla No. 174:	Flujo de caja con proyección a 10 años de la planta de reciclado de plásticos.....	443
Tabla No. 175:	Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno de la inversión y tiempo de retorno de la inversión e la planta de reciclado de plásticos	444
Tabla No. 176:	Temperatura, Humedad y pH de la pila 1 de aireado mecánico	447
Tabla No. 177:	Temperatura, Humedad y pH de la pila 2 de aireado mecánico	448
Tabla No. 178:	Temperatura, Humedad y pH de la pila 3 de aireado mecánico	449
Tabla No. 179:	Temperatura, Humedad y pH de la pila 1 de aireado Natural.....	450
Tabla No. 180:	Temperatura, Humedad y pH de la pila 2 de aireado Natural.....	451
Tabla No. 181:	Temperatura, Humedad y pH de la pila 3 de aireado Natural.....	452
Tabla No. 182:	Materia prima agregada y masas de las mismas utilizadas para realizar el compost.....	453
Tabla No. 183:	Condiciones de operación	453
Tabla No. 184:	Datos de análisis de suelos para el mecanismo de aireado natural	453
Tabla No. 185:	Datos de análisis de suelos para el mecanismo de aireado mecánico.....	453
Tabla No. 186:	Desechos producidos por el ingenio	454
Tabla No. 187:	Densidad de los desechos y dimensionamiento de las pilas de compost	454
Tabla No. 188:	Tabla comparativa de ventajas y desventajas del compostaje por montón ...	455
Tabla No. 189:	Energía por radiación absorbida por la pila 1 de aireación mecánica, por día transcurrido	458
Tabla No. 190:	Energía por radiación absorbida por la pila 2 de aireación mecánica, por día transcurrido	459
Tabla No. 191:	Energía por radiación absorbida por la pila 3 de aireación mecánica, por día transcurrido	460
Tabla No. 192:	Energía por radiación absorbida por la pila 1 de aireación natural, por día transcurrido.	461
Tabla No. 193:	Energía por radiación absorbida por la pila 2 de aireación natural, por día transcurrido	462

Tabla No. 194: Energía por radiación absorbida por la pila 3 de aireación natural,
por día transcurrido 463

LISTA DE FIGURAS

Figura No. 1	Diagramas vapor-líquido	16
Figura No. 2	Fraccionamiento en una torre empacada	17
Figura No. 3	Esquemas de destilación continua para una solución ternaria	18
Figura No. 4	Destilación simple en un destilador por cargas	19
Figura No. 5	Comportamiento de las importaciones de Butanoles en Guatemala.....	25
Figura No. 6	Comportamiento de las importaciones de Alcoholes amílicos y sus isómeros en Guatemala	25
Figura No. 7	Diámetro de tubería recomendado para transporte de biogás en función del largo de la tubería y el flujo de biogás.....	35
Figura No. 8	Representativode las distintas etapas por las que pasa el proceso de compostaje.	41
Figura No. 9	Imagen de la posible distribución de las pilas de compost.....	43
Figura No. 10	Muestra de porosidad de madera plástica con 10% de aserrín	51
Figura No. 11	Elongación de madera plástica antes de la ruptura a diferentes composiciones de aserrín.....	52
Figura No. 12	Módulos de tensión de madera plástica a diferentes composiciones de aserrín.....	52
Figura No. 13	Métodos de investigación cualitativa.....	58
Figura No. 14	El proceso de sistematización.....	60
Figura No. 15	Tipo de desecho generado por área, del 15/02/2011 al 27/01/2012.....	69
Figura No. 16	Resumen general de residuos orgánicos recibidos del 5/7/2011 al 26/1/2012, en épocas de reparación y zafra 2011-2012 por área de generación.	70
Figura No. 17	Ruta de Recolección de desechos sólidos Sector Industrial (parte 1).....	96
Figura No. 18	Ruta de Recolección de desechos sólidos Sector Finca San Patricio (parte 2) ..	97

Figura No. 19	Variación en el Valor Presente Neto de la Propuesta del Método de Recolección.....	101
Figura No. 20	Variación en la TIR de la Propuesta del Método de Recolección	102
Figura No. 21	Esquema de la vista lateral del vagón para transportar desechos orgánicos..	103
Figura No. 22	Esquema de la vista superior del vagón para transportar desechos orgánicos	103
Figura No. 23	Velocidad de producción de biogás en función del tiempo	108
Figura No. 24	Producción acumulada de biogás	108
Figura No. 25	Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 1 Aireación Natural en el tiempo.....	115
Figura No. 26	Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 2 Aireación Natural en el tiempo.....	116
Figura No. 27	Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 3 Aireación Natural en el tiempo.....	116
Figura No. 28	Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 1 Aireación Mecánico en el tiempo	117
Figura No. 29	Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 3 Aireación Mecánico en el tiempo	117
Figura No. 30	Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 3 Aireación Mecánico en el tiempo	118
Figura No. 31	Organigrama del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.....	209
Figura No. 32	Rótulo de desechos orgánicos:	215
Figura No. 33	Rótulo de desechos de papel y cartón:	215
Figura No. 34	Rótulo de desechos de plástico y latas:.....	216
Figura No. 35	Rótulo de desechos de vidrio:	216
Figura No. 36	Rótulo de desechos de duroport	216
Figura No. 37	Rótulo de desechos de alto riesgo	217
Figura No. 38	Rótulo de desechos de bagazo	217
Figura No. 39	Rótulo de desechos no clasificados.....	217
Figura No. 40	Diagrama de bloques del proceso de recolección de desechos sólidos	226

Figura No. 41	Esquema del tonel de metal para recolectar desechos sólidos.....	227
Figura No. 42	Esquema del tonel de plástico para recolectar desechos sólidos.....	228
Figura No. 43	Esquema del recipiente plástico de perfil rectangular para acumular desechos sólidos	229
Figura No. 44	Esquema del contenedor de acopio.....	230
Figura No. 45	Ubicación de contenedores dentro de planta	249
Figura No. 46	Ruta de evacuación de desechos sólidos de bodega	250
Figura No. 47	Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de nixtamalización	251
Figura No. 48	Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de vegetales.....	252
Figura No. 49	Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de carnes	253
Figura No. 50	Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de producción	254
Figura No. 51	Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de lavamanos.....	255
Figura No. 52	Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de oficinas.....	256
Figura No. 53	Localización de la batería 028 del tándem B en Fábrica	289
Figura No. 54	Secciones de marco estructural del centro de acopio	308
Figura No. 55	Carga sobrepuesta del centro de acopio.....	309
Figura No. 56	Carga viva del centro de acopio.....	309
Figura No. 57	Carga de viento del centro de acopio	310
Figura No. 58	Carga de sismo del centro de acopio	310
Figura No. 59	Deflexión de carga muerta del centro de acopio.....	311
Figura No. 60	Deflexión de carga sobrepuesta del centro de acopio.....	311
Figura No. 61	Deflexión de carga viva del centro de acopio.....	312
Figura No. 62	Deflexión de carga de viento	312
Figura No. 63	Vista de marco con secciones	313
Figura No. 64	Plano del Centro de acopio.....	314
Figura No. 65	Vista preliminar de centro de acopio en 3D	315
Figura No. 66	Ecobulk	316
Figura No. 67	Curvas de Nivel del área disponible	318

Figura No. 68	Localización del centro de acopio	319
Figura No. 69	Ubicación propuesta para Contenedor en Seguridad “La Cuadra”	332
Figura No. 70	Ubicación propuesta para contenedor en Hotel La Montañita	332
Figura No. 71	Ubicación propuesta de contenedor en Cooperativa	333
Figura No. 72	Ubicación propuesta contenedor Cocina Industrial.....	333
Figura No. 73	Ubicación propuesta de contenedor en Biofábrica	334
Figura No. 74	Resultados Herramienta WinQSB Ruta de Recolección	337
Figura No. 75	Diagrama de Flujo del Proceso	338
Figura No. 76	Esquema de la disposición de los equipos primordiales en el proceso	339
Figura No. 77	Diagrama de bloques del proceso de destilación propuesto	339
Figura No. 78	Diagrama de flujo del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás	353
Figura No. 79	Esquema del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás	356
Figura No. 80	Diagrama de flujo de la planta piloto para la producción de biogás	357
Figura No. 81	Esquema de las vistas de perfil, planta y elevación del biodigestor de la planta piloto.....	361
Figura No. 82	Diagrama de la caja que funciona como baño de maría	378
Figura No. 83	Diagrama de bloques cualitativo del balance de masa del biodigestor	381
Figura No. 84	Vista lateral del biodigestor con proporciones.....	385
Figura No. 85	Vista frontal del biodigestor con proporciones	385
Figura No. 86	Tamaño recomendado de tubería para transportar biogás	392
Figura No. 87	Histograma de frecuencias (F) de cantidad de desechos generados diariamente en zafra 2011-12	401
Figura No. 88	Histograma de frecuencias (F) de fracción másica de Desechos Orgánicos Procesados generados diariamente.....	403
Figura No. 89	Disminución de sólidos totales en desechos orgánicos no procesados respecto al agua agregada.....	405
Figura No. 90	Ubicación de planta de producción de biogás en el Centro de Acopio.....	423
Figura No. 91	Imagen del sustrato del reactor B.....	426

Figura No. 92	Imagen del sustrato del reactor C.	427
Figura No. 93	Imagen del sustrato del reactor F.	428
Figura No. 94	Imagen de la prueba para determinar la proporción D/Ag. De izquierda a derecha, relación de: 0, 0.5, 1 y 2.	429
Figura No. 95	Resultados de la cromatografía de gases con el detector de ionización de llama para el sexto día de la digestión anaerobia en el reactor B.	430
Figura No. 96	Resultados de la cromatografía de gases con el detector de conductividad térmica para el sexto día de la digestión anaerobia en el reactor B.	431
Figura No. 97	Gráfica resultante de análisis de cromatografía de gases a una muestra de gas natural en una columna igual a la utilizada para el análisis del biogás.....	432
Figura No. 98	Dimensiones de la lavadora de plásticos.....	437
Figura No. 99	Trituradora de cuchillas.....	438
Figura No. 100	Dimensiones del tanque de flotación para lavado de piezas molidas	439
Figura No. 101	Extrusora de plásticos.....	440
Figura No. 102	Diagrama de configuración y dimensionamiento de pilas de compostaje .	445
Figura No. 103	Balance de Masa de la pila de compost	446
Figura No. 104	Balance de Energía de la pila de compost	446
Figura No. 105	Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 1 de pila aireado natural	464
Figura No. 106	Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 2 de pila aireado natural	465
Figura No. 107	Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 3 de pila aireado natural	466
Figura No. 108	Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 1 de pila aireado mecánico.....	467
Figura No. 109	Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 2 de pila aireado mecánico.....	468
Figura No. 110	Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 3 de pila aireado mecánico.....	469

RESUMEN

En este trabajo se presenta el desarrollo de un Programa de Manejo de Desechos Sólidos dentro de un ingenio azucarero en Guatemala. El ingenio tomado como referencia fue Ingenio Magdalena, S.A., pero los resultados obtenidos son aplicables a otros ingenios de similar tamaño. El programa abarcó desde la reducción de desechos en la fuente hasta su disposición final, en las áreas de campo, procesamiento de azúcar, cogeneración, producción de alcohol, taller de mantenimiento de vehículos y maquinaria, área domiciliar, cocina industrial y administración.

Con el fin de alcanzar dicho objetivo se llevaron a cabo las siguientes acciones: procedimientos para el manejo adecuado de desechos sólidos y propuestas para la disposición final de los mismos. Dentro de los procedimientos se establecieron los siguientes: Procedimiento para la reducción de desechos sólidos en la gestión de compras, Procedimiento general de baterías y contenedores, Procedimiento de Operación de Centro de Acopio de desechos sólidos y Procedimientos para el manejo adecuado de desechos sólidos dentro de las áreas bajo estudio. Estos fueron diseñados y preparados para ser entregados al Ingenio Magdalena.

Asimismo, se realizó una propuesta para modificar el método de recolección empleado, incluyendo la ruta de recolección y el transporte. Con base en volumen de desechos generados se efectuó el diseño de contenedores y del vehículo recolector. Se determinó mediante un análisis económico que la propuesta presentada es factible.

Se realizó el diseño de un centro de acopio capaz de almacenar los desechos generados por el ingenio. El centro de acopio propuesto tiene un área de 840m² dividida en tres módulos (área de clasificación, maquinaria y almacenamiento).

Para la disposición final de desechos sólidos se analizaron las opciones de realizar una planta piloto para producción de biogás a partir de desechos orgánicos de alimentos y pilas de compost con aireación natural o con aireación mecánica.

El diseño de la planta piloto tuvo como resultado un biodigestor de ladrillo común con capacidad de producción de 156.66 ± 13.05 kg/día de biogás, volumen efectivo de reacción de 56.67 ± 7.65 m³ y volumen total de 75.56 ± 8.07 m³.

Se determinó que el compostaje con aireación mecánica es más efectivo que el compostaje con aireación natural, ya que al realizar la comparación uno con otro se pudo observar que las pilas con aireación natural no fueron capaces de degradar en su totalidad la materia orgánica presente en ella. El costo de inversión fue calculado en Q53,730.00, incluyendo soplador, creación y montaje y equipo para las pilas de compost.

Además se realizó una valorización de los aceites de fusel como un subproducto de la destilación alcohólica, obteniendo como resultado que el método más apropiado es la destilación con reflujo y dentro de ésta una operación batch o discontinua en donde se utiliza un torre empacada. Los resultados preliminares demostraron que se pueden obtener como máximo 0.28376 m³ (283.76L) de alcohol isoamílico al 99% y 0.04199 m³ (41.99L) de isobutanol al 84%, para una carga inicial de 0.400 m³ (400L) de aceites de fusel, lo que puede generar ingresos máximos por carga de Q125,058.90.

Durante el proceso se enriquecieron los planes de educación ambiental dirigidos a diversos públicos objetivos del ingenio (colaboradores fijos y migrantes) considerando también los diferentes niveles educativos.

Se recomienda el buen seguimiento del procedimiento de manejo de desechos sólidos dentro del ingenio para disminuir el impacto en el ambiente, así como también incentivar el estudio de nuevas tecnologías para la reutilización de desechos.

I. INTRODUCCIÓN

El propósito del presente Megaproyecto es brindar las herramientas y conocimientos necesarios para garantizar el manejo adecuado de los desechos sólidos de un ingenio azucarero guatemalteco, así como los posibles usos en los que se puede emplear los desechos sólidos obtenidos por dicha industria, con el fin de minimizar el impacto ambiental ocasionado, y obtener algún beneficio de los mismos, como la implementación una planta para la producción de biogás, reutilización de aceites de Fusel, compostaje y la clasificación adecuada según sus propiedades o usos posibles, así también la creación e implementación de procedimientos adecuados para el manejo, clasificación y recolección de los desechos producidos en los ingenios azucareros.

Uno de los temas de mayor relevancia a nivel mundial en la actualidad es el manejo de los desechos sólidos. En países desarrollados, en donde la cantidad de desechos sólidos generados *per cápita* es de mucha mayor magnitud que en países subdesarrollados, se está realizando un gran esfuerzo por disminuir la generación y reutilizar o reciclar parte de los desechos sólidos, ya que los costos de disposición de los desechos aumenta aceleradamente debido a la disminución de espacio para estos en los rellenos sanitarios contiguos. Además, el manejo incorrecto de los desechos sólidos da lugar a contaminación, malos olores, y enfermedades.

El presente trabajo consta de distintos módulos:

- Procedimiento general (Codificación, clasificaciones)
- Procedimientos específicos (Fábrica, Magalcoholes, Magrisa, Cocina Industrial, Módulos, Abastecimientos)
- Centro de acopio (Estructura, Procedimiento, Rutas de Recolección y Horarios)
- Capacitaciones
- Auditorías
- Aceites de Fusel
- Biogás (Sustrato, Operación y Análisis Financiero)
- Compostaje
- Reciclaje de termoplásticos

El módulo de procedimientos tiene como finalidad desarrollar una propuesta para la prevención, recolección y transporte de desechos sólidos. Por medio de ésta se busca generar una serie de ahorros en términos de modificaciones en las rutas de recolección, medios de transporte y la forma de almacenamiento de estos desechos.

Se enfoca en estandarizar la logística de recolección de desechos sólidos de los recipientes en todo el ingenio, además de brindar los lineamientos en el método de recolección y oportunidades de mejora, enfocándose en las siguientes áreas del ingenio: Oficinas Administrativas 400, Magalcoholes, Seguridad (La Cuadra), Hotel (La Montañita), Módulo San Patricio, Cocina Industrial, Torre de Caña, Biofábrica, Fábrica, Centro de Acopio y Obra Civil.

Así como es importante la implementación de procedimientos de recolección, manejo y clasificación, con el fin de crear estándares para el tratamiento de los desechos, es importante capacitar a los empleados con el fin de mantenerlos informados y actualizados en los temas relevantes al manejo adecuado de los mismos. Por lo tanto, también son importantes las auditorías constantes para evaluar el desempeño del sistema, determinando las oportunidades de mejora para lo cual es necesario concientizar a los trabajadores sobre todo de la importancia de los procedimientos, así también crear una rutina en el trabajador con respecto a la importancia del buen manejo de los desechos. Por lo tanto, se coordinaron capacitaciones a los empleados y se realizaron auditorías a las distintas áreas del ingenio azucarero.

Posteriormente a los procedimientos, auditorías y capacitaciones, se plantearon soluciones posibles a los problemas ocasionados por el manejo inadecuado de los desechos de sólidos, proponiendo la producción de biogás a partir de los desechos sólidos orgánicos de alimentos, el tratamiento de los aceites de Fusel, la producción de tierra fértil a partir de compostaje y el tratamiento de termoplásticos.

Los aceites de Fusel son una mezcla rica en ácidos carboxílicos, aldehídos y alcoholes superiores, que se pueden separar para darles una utilidad al producir saborizantes, pinturas o solventes. Se propuso como método de extracción de los

distintos compuestos presentes en el residuo una destilación fraccionada por los distintos puntos de ebullición de los distintos compuestos.

La implementación de producción de biogás en un fermentador anaerobio se contempló debido a que actualmente en los ingenios azucareros de Guatemala existe una alta producción de desechos orgánicos sin tratamiento. Se realizó una prueba a nivel laboratorio en la que se determinó que la producción de biogás a partir de desechos sólidos orgánicos de alimentos es factible.

Las pruebas para pilas de compost se llevaron a cabo en 6 cajas plásticas de 1.5m de largo, 0.75m de alto y 0.76m de ancho, donde 3 fueron modificadas para ser aireadas mecánicamente a partir de un soplador y 3 naturalmente mediante aire del medio ambiente con el fin de comprobar cual de los dos mecanismos era más eficiente a partir de desechos orgánicos producidos, y se determinó que el compostaje por montón con aireación mecánica es más eficiente y factible para la implementación como mecanismo de control de desechos sólidos orgánicos. Dicho mecanismo es capaz de ser implementado por cualquier ingenio ya sea grande o pequeño, puesto que el costo de control y de implementación es bajo

Actualmente, uno de los mayores contaminantes a nivel industrial y en todo el mundo son los residuos termoplásticos, por lo tanto hoy en día ha surgido una nueva forma de aprovechamiento de los residuos termoplásticos: la madera plástica. La propuesta que se planteó es un centro de reciclado de plásticos para poder producir esta madera plástica. Este proyecto tiene como metas reducir la cantidad de desechos plásticos dentro del centro de acopio y generar planchas de este material, las cuales se podrían utilizar para diversas necesidades que se tengan en el ingenio.

Como método de solución a los desechos que no son capaces de ser reutilizados o procesados con el fin de obtener un beneficio de ellos, se recomendó construir un relleno sanitario, con los lineamientos y procedimientos que debe poseer dicho mecanismo, para evitar la contaminación del manto freático y como medio de control de desechos producidos.

II. MARCO TEÓRICO

A. Desechos sólidos

1. **Clasificación de desechos sólidos.** La clasificación de desechos, es uno de los mecanismos que reducen el impacto de los desechos en el medio ambiente y en la sociedad, puesto que la clasificación ayuda a poder ver las utilidades de los desechos que se poseen, para poder ser reciclados o reutilizados. (Lund, 1996)

Existen múltiples clasificaciones de los residuos. El conocimiento de los orígenes y los tipos de residuos sólidos, así como los datos y las tasas de generación son aspectos básicos a tener en cuenta para el diseño y operación de los elementos funcionales asociados a la gestión de los residuos sólidos. La clasificación de los residuos sólidos se realiza teniendo en cuenta varios criterios: según su procedencia y el riesgo que implican para la salud humana y el entorno en general.

Los residuos sólidos se clasifican de acuerdo a su naturaleza, en:

- Residuos inertes: escorias, cenizas y materiales estériles procedentes de las industrias y la minería. (Urdiales, 1999)
- Residuos fácilmente valorizables: aquellos que no representan toxicidad ni agresividad para el medio ambiente y, en cambio, se pueden valorizar (reutilización, reciclado, compost, biogás y otros). (Urdiales, 1999)
- Residuos tóxicos y peligrosos: aquellos que requieren un tratamiento específico y un mejor control en su manipulación, almacenamiento y transporte (Urdiales, 1999)

De acuerdo a su origen y procedencia, se clasifican en:

- Residuos Sólidos Urbanos (RSU): Aquellos que se originan en la comunidad exceptuando a los residuos de procesos industriales y los residuos agrícolas. Se originan de la actividad doméstica y comercial de ciudades y pueblos. En países desarrollados donde se ha incrementado el uso de embaces y papeles así como la cultura de “Usar y Tirar”, se ha extendido el

concepto a todos los bienes de consumo, las cantidades de basuras que se generan ha ido creciendo hasta llegar a cifras muy elevadas. (Urdiales, 1999)

- Residuos domésticos: Son los que provienen de las viviendas aisladas o edificios multifamiliares. (Urdiales, 1999)
- Residuos comerciales: Son los que provienen de las tiendas restaurantes, mercados edificios de oficinas, hoteles, imprentas, talleres mecánicos. (Urdiales, 1999)

Estos dos últimos pueden a su vez divididos en:

- Fracción orgánica: Formados por materiales como residuos de comida, cartón, papel de todo tipo, plásticos, textiles, goma, cuero, madera , residuos de jardinería etc.
- Fracción inorgánica: Formada por materiales como vidrio, cerámica, metales féreos, latas, aluminio.

Debe decirse también que dentro de los residuos domésticos y comercial pueden encontrarse los artículos voluminosos, electrodomésticos de consumo, productos de líneas blancas, baterías, aceites y neumáticos. (Urdiales, 1999)

Se les llama artículos voluminosos a los artículos gastados o rotos como muebles, lámparas, gabinetes de archivos y otros artículos similares. Los electrodomésticos de consumo son aquellos artículos gastados o rotos tales como radios, equipos de músicas, televisores etc. Los productos de línea blanca son grandes electrodomésticos como cocinas, refrigeradores, lavadoras etc. (Urdiales, 1999)

En la mayoría de los hospitales los residuos son manipulados y procesados separadamente de otros residuos sólidos ya que pueden propagar enfermedades y el tratamiento normal es la incineración que permite laeliminación de los microorganismos. (Urdiales, 1999)

Residuos de construcción y demolición: Son los provenientes de las obras de construcción, remodelación y arreglos de viviendas, edificios comerciales y otras estructuras. Las cantidades generadas son difíciles de estimar. La composición es variable, pero puede incluir, hormigón, ladrillos, escayola (yeso), y piezas de plomería, de fontanería, de electricidad entre otras. (Urdiales, 1999)

- Residuos industriales: Son aquellos generados por los distintos sectores industriales (química, papel, textil, alimentación e industrias metálicas). Son todos aquellos productos y sustancias de desechos derivada de los procesos de producción industrial y/o limpieza de las instalaciones y que no tiene en la mayoría de los casos valor económico. (Urdiales, 1999)
- Entre los residuos más comunes y peligrosos a nivel mundial están los producidos en el sector de la industria química y los constituidos por desechos de los productos químicos y farmacéuticas utilizadas por el sector urbano. La cantidad de residuos que genera una industria es función de la tecnología del proceso productivo, la calidad de la materia prima o productos intermedios, de las propiedades físicas y químicas de las materias auxiliares empleadas en el proceso de los combustibles utilizados y de los envases y embalajes del proceso. (Urdiales, 1999)
- Residuos Agrícolas, Ganaderos o Forestales: Son aquellos residuos de biomasa vegetal generados por actividades agrícolas, forestales o procedentes de la ganadería, destacando entre ellos los estiércoles. (Urdiales, 1999).
- La mayor parte de estos residuos son de naturaleza orgánica: ramas, pajas, restos de animales y plantas etc. Muchos de ellos quedan en el campo y no son considerados residuos ya que contribuyen de manera muy eficaz a mantenerlos nutrientes del suelo. (Urdiales, 1999)

En la actualidad existe un estándar para la debida clasificación de basura, donde se colocan basureros debidamente señalados, ya sea pintados con un color representativo o una imagen o ambos, donde: (Lund, 1996)

- Contenedor amarillo (envases): En éste se deben depositar todo tipo de envases ligeros como los envases de plásticos (botellas, tarrinas, bolsas, bandejas, etc.), de latas (bebidas, conservas, etc.) (Lund, 1996)
- Contenedor azul (papel y cartón): En este contenedor se deben depositar los envases de cartón (cajas, bandejas, etc.), así como los periódicos, revistas, papeles de envolver, propaganda, etc. Es aconsejable plegar lascajas de manera que ocupen el mínimo espacio dentro del contenedor. (Lund, 1996)
- Contenedor verde (vidrio): En este contenedor se depositan envases de vidrio. (Lund, 1996)

- Contenedor gris (orgánico):1 En él se depositan el resto de residuos que no tienen cabida en los grupos anteriores, fundamentalmente materia biodegradable. (Lund, 1996)
- Contenedor rojo (desechos peligrosos): Como celulares, insecticidas, pilas o baterías, aceite comestible o de autos, jeringas, latas de aerosol, etc. (Lund, 1996)

2. Diagnóstico ambiental. Actualmente, Guatemala no cuenta con una legislación adecuada, y esto en conjunto con la falta de implementación de políticas integrales que solucionen el problema, son algunas de las causas que la contaminación ambiental sea generalizada en el país. Hasta la fecha, la responsabilidad del manejo, tratamiento y disposición de los desechos sólidos ha sido atribuida a las Municipalidades del país, y pocas de éstas han aplicado sus pocos conocimientos para reglamentar lo relativo a la recolección y disposición final, sin embargo, estos reglamentos no proporcionan necesariamente una correcta disposición ni la separación de dichos desechos. La disposición final suele ser barrancos o depresiones, sin ningún tipo de tratamiento ni control, situación que causa la contaminación de ríos, bosques, lagos, etc. Además, la contaminación generada la descomposición de algunos de los desechos genera malos olores y problemas respiratorios. Asimismo, la incineración de los desechos sólidos es un gran problema para la salud de las personas que habitan en las cercanías de los vertederos. (Domingo, 2010, 4)

B. Sistema de Gestión Ambiental

1. Programa de Manejo de Desechos Sólidos

a. Reducción. Los procesos pueden rediseñarse con vistas a la reducción de los residuos generados. Esto se logra a través de una perspectiva de producir más con menos, es decir un menor uso de los recursos disponibles como materia prima y energía. Conlleva un montón de beneficios ya que no se incurre en gastos de manejo, reciclaje, transporte, almacenamiento y disposición de desechos que nunca fueron generados, pero a nivel cultural, es uno de los elementos, si no es que el más difícil, de implementar.

Los métodos más viables para su implementación son:

- La adaptación de estándares industriales productos, logrando que se utilice menor cantidad de material
- Creación de normas que reduzcan el uso de materiales no necesarios en productos para el consumidor y materia prima.
- Generación. La generación de residuos es la operación que acompaña aquellas actividades en las cuales los materiales son identificados y clasificados, o son acumulados conjuntamente para su depósito. Desde un punto de vista económico, el lugar más adecuado para clasificar los materiales residuales con vistas a recuperación es el lugar de generación.

b. Reutilización. Los desechos sólidos pueden ser destinados a reutilización. Por ejemplo, los contenedores pueden lavarse y re-utilizarse o el desecho de un proceso puede servir de materia prima para otro proceso.

c. Almacenamiento. El almacenamiento es el depósito temporal de desechos en un espacio físico definido y por un tiempo determinado.

Es etapa que comprende el acondicionamiento del desecho sólido en recipientes apropiados, de acuerdo a la cantidad y tipo del desecho. Los factores a considerar a la hora de proceder al almacenamiento de desechos sólidos son fundamentalmente: Tipo de contenedor, localización del contenedor, consideraciones estéticas y de salud pública, método de recolección y transporte que se va a emplear. El tipo, volumen y localización de los contenedores empleados dependen de las características de los residuos sólidos, de la frecuencia de recolección y el espacio disponible para colocarlos y su accesibilidad. (Manual del Ingeniero Químico, 2010)

d. Recolección. El elemento funcional de recolección incluye la acumulación de los desechos sólidos y la acción que tiene por objetivo evacuar el desecho que debería encontrarse adecuadamente acondicionado, para llevarlo hacia las unidades de transporte. (Manual del Ingeniero Químico, 2010)

e. Métodos y rutas de recolección. El objetivo de la recolección es preservar la salud pública mediante la recolección de los desechos en todos los centros de generación y transportarlos al sitio de tratamiento o disposición final, de la manera más sanitaria, eficiente y con el mínimo costo posible. (Manual del Ingeniero Químico, 2010)

Existen tres diferentes métodos de recolección:

- Método de parada fija o esquina. Los usuarios acuden a entregar sus residuos al camión al éste anunciar su llegada a la parada o esquina. Si no hay quien entregue los desechos, estos se acumulan en exceso o es arrojada clandestinamente.
- Método de acera. El transporte para recolección de desechos tiene una ruta, y frecuencia establecida. Los usuarios deben estar informados para sacar sus desechos en el momento adecuado evitando contaminación.
- Método de contenedores. Requiere que los contenedores estén accesibles al vehículo recolector y que éste pueda realizar maniobras sin problemas. Es un método ideal para centros de gran generación de desechos.
- Método de recolección combinado. Utiliza más de un método de recolección dependiendo.

f. Transporte. Se transportan los residuos hasta su destino final. Se desplazan los desechos sólidos desde su fuente de generación hacia su punto de destino, sea estación de transferencia, planta de tratamiento o relleno sanitario. (Manual del Ingeniero Químico, 2010)

g. Procesamiento. El procesado se aplica cuando se desea recuperar materiales presentes en desechos sólidos, reducir el volumen o alterar la forma física.

Esta etapa incluye todas las técnicas, equipos e instalaciones empleadas para (a) la mejora de la eficiencia de los otros elementos funcionales (b) la recuperación de recursos (c) acondicionamiento de los materiales para su transformación biológica o química (d) productos de conversión o energía a partir de los desechos sólidos, a fin de reducir o eliminar su potencial peligro de causar daños a la salud y el ambiente. (Manual del Ingeniero Químico, 2010)

Las operaciones de procesado en la fuente se aplican normalmente a fuentes industriales y comerciales con alto nivel de generación de desechos, como es el caso de los ingenios. Estas operaciones incluyen la separación manual, la compactación y la incineración.

- Separación manual de componentes. La separación manual de los componentes puede realizarse en el lugar donde se generan los residuos, en una estación de transferencia, en una instalación específica o en el vertedero. La fuente es el lugar más adecuado para la separación pues hace posible la recuperación y la reutilización de materiales de forma más efectiva. El número y tipo de materiales recuperados y/o vendidos (cartón, papel, metales y madera) depende de la zona, de las posibilidades de reciclado y de la presencia de un mercado para estos productos de recuperación. (Manual del Ingeniero Químico, 2010)
- Reducción mecánica del volumen. Es quizás el factor más importante en el desarrollo y operación de los sistemas de gestión de desechos sólidos. Los vehículos equipados con mecanismos de compactación se emplean para la recolección de los desechos sólidos. Los desechos industriales una vez compactados presentan una densidad de 1.100 kg/m³, independientemente de la densidad inicial y de la presión aplicada.
- Reducción química del volumen. La incineración es el tratamiento que se aplica generalmente para la reducción química del volumen de los desechos. Uno de los atractivos de la incineración es que puede reducir el volumen inicial de los desechos en un 80-90 por ciento.

h. Sistema de recuperación de materiales. El papel, el caucho, los plásticos, los productos textiles, el vidrio, los metales son los principales materiales presentes en los desechos industriales que se suelen someter a recuperación. Una vez que se ha tomado la decisión de recuperar los materiales, deben desarrollarse los diagramas de flujo del proceso para la recuperación de los materiales deseados, sujetos a las especificaciones predeterminadas de los mismos. (Manual del Ingeniero Químico, 2010)

i. **Evacuación o disposición final.** Es la última etapa del ciclo de vida del desecho sólido, comprende los procesos u operaciones para tratar o disponer en un lugar a los residuos sólidos, de forma permanente, sanitaria y ambientalmente segura. La alternativa más idónea y que se ajusta a la normativa nacional vigente para la disposición final de los residuos sólidos es el relleno sanitario.

2. Disposición Final

a. **Aceites de Fusel.** Los aceites de fusel, también conocidos como alcoholes superiores o alcoholes amílicos, se originan como subproducto en la elaboración del etanol por fermentación.

La fermentación alcohólica se produce de forma natural a partir de diversos frutos, cereales y tubérculos que contienen algún tipo de azúcar almidón. Desde la antigüedad el alcohol etílico o etanol, se ha obtenido por esta fermentación de azúcares donde el almidón de la patata, del maíz y de otros cereales constituyen la principal fuente de materia prima. A partir de estos materiales, tras la fermentación de los mismos, se obtiene un producto final con un mayor o menor contenido en etanol, que posteriormente se somete a un proceso de destilación para su enriquecimiento en alcohol.

Durante el desarrollo de las fermentaciones alcohólicas, además de la producción de etanol se genera una pequeña fracción de otros componentes que forman una mezcla compleja constituida principalmente por alcoholes superiores y en menor medida por ácidos y ésteres derivados de los alcoholes más abundantes. (Nuffield. 1994)

Estos productos, constituyentes de la solución acuosa obtenida del fermentador, se presentan en proporciones muy variables y dependientes de diversos factores, tales como: la naturaleza y composición de la materia prima utilizada para la fermentación, las condiciones en las que ésta se ha desarrollado (aireación, agitación, etc.) y el tipo de microorganismo actuante.

La composición de los aceites de fusel puede ser muy variada, conteniendo fundamentalmente los siguientes alcoholes., cuyas cantidades vienen expresadas en porcentajes en peso: 3-metil-1-butanol y 2-metil-1-butanol (alcoholes amílicos) mayoritariamente, entre 35-55%, 2-metilpropanol (alcohol isobutílico) en un 15-25%, 1-propanol en un 3-15% y menores cantidades de otros alcoholes, esterés y aldehídos, así como restos de agua y etanol.(D'Aleman, 2010)

Los datos de la composición de aceites de fusel proponen el ajuste del proceso para maximizar la producción del alcohol isoamílico, opción que reduce los costos y las dificultades técnicas en la recuperación del residuo. El producto comercial, con mercado seguro, es el acetato de isoamílico, y un mercado potencial interesante en el oleato biolubricante, producido por esterificación enzimática.

Los alcoholes livianos, previamente secados, pueden formularse como solvente sustituto en pinturas y tintas, con salida comercial a precios bajos, pero con un mercado simple y rápido.(D'Aleman, 2010)

Es posible separar los componentes del Fusel mediante procesos de destilación con una deshidratación anterior y luego esterificarlos para obtener productos de alto valor agregado con una amplia gama de usos. (Gallardo, 2011)

1) Propiedades. En la siguiente tabla se muestran algunas de las principales propiedades de los componentes tales como, temperaturas de ebullición, densidad y peso molecular, que son propiedades de suma importancia para los procesos de separación como la destilación.

Tabla No. 1: Propiedades de los componentes de los aceites de fusel.

Componentes	T _{eb} (°C)	Densidad (g/ml)	M (g/mol)
Etanol	78.35	0.79	46.07
Isobutanol	107.85	0.80	74.12
3-metil-1-butanol	131.25	0.81	88.15
1-propanol	97.00	0.79	60.09
Agua	100.00	1.00	18.00

(Perry, 1984)

2) Interés comercial. Las principales ventajas desde el punto de vista económico que hacen interesantes a los aceites de fusel, son su rica composición e importante disponibilidad a muy bajo costo. (D'Aleman, 2010)

Estas razones, llevan a considerar los aceites de fusel como una fuente de material crudo de gran interés para la producción de materiales naturales, aplicables principalmente al desarrollo de sabores en la industria alimentaria.

Como subproducto, su aprovechamiento tiene un interesante potencial económico en países con volúmenes de producción de etanol elevados. España lidera la producción de etanol en Europa, con una producción anual total de 180,000 toneladas. Esto da una idea de la considerable cantidad de aceites de fusel que resulta anualmente de dicha producción, y que serían aprovechables como materia prima en procesos como el diseñado en el presente proyecto. Esto se puede observar en la mayoría de países donde destilan etanol, que se obtiene de la fermentación de algún producto azucarado, en este caso en particular en Guatemala se observa en los principales Ingenios del país.

El interés de estos dos productos, uno de ellos rico en isobutanol y el otro constituido por los alcoholes amílicos, reside en la comercialización de los mismos en diferentes sectores industriales. El principal sector hacia el cual van dirigidos en su mayoría este tipo de productos, es el de la industria alimentaria para su empleo como saborizantes y aromatizantes naturales, aunque también pueden destinarse a otros sectores como el de la industria farmacéutica o su empleo en productos tales como barnices, pinturas, disolventes, perfumes, etc.

Entre los principales productos alimenticios para los que se utilizan actualmente tanto el isobutanol como los alcoholes amílicos se encuentran:

- Gelatinas
- Helados
- Caramelos
- Pasteles
- Bebidas con/sin alcohol
- Quesos
- Chicles
- Bebidas con/sin alcohol

Los componentes de interés comercial son principalmente tres, estos son: alcohol isobutílico y los alcoholes amílicos (2-metil-1-butanol y 3-metil-1-butanol). Estos últimos tienen características muy similares debido a que son isómeros.

3) Alcohol isobutílico. El alcohol isobutílico se denomina también isobutanol y 2-metilpropanol. Sus características principales son:

- Líquido incoloro a temperatura ambiente
- Moderadamente soluble en agua y miscible en la mayoría de las soluciones orgánicas
- Olor dulce y desagradable
- Inflamable

4) Alcoholes amílicos. Se conoce con el nombre de alcoholes amílicos a la mezcla formada por los isómeros 3-metil-1-butanol y 2-metil-1-butanol que se presentan en la naturaleza en la proporción 3:1 respectivamente.

Al 3-metil-1-butanol se le conoce también como alcohol isoamílico o isopentanol, y al 2-metil-1-butanol se le denomina también alcohol amílico. Sus características principales son:

- Líquidos incoloros a temperatura ambiente
- Solubles en agua y en la mayoría de las soluciones orgánicas
- Olor acre característico y desagradable al gusto
- Tóxicos e inflamables

Estos alcoholes constituyen la mayor parte de los aceites de fusel, estando presentes también entre los constituyentes de aceites de camomila y aceites esenciales de pimienta, cítricos, te, geranio, eucalipto y otros vegetales, así como en los aromas de la fresa, la frambuesa y el ron.

5) Métodos utilizados para la obtención de fracciones de los aceites de fusel.

a) Destilación. Es uno de los procesos más investigado para la separación de las fracciones del aceite de fusel, debido a la capacidad de separar fracciones por medio del punto de ebullición de una manera rápida y con gran eficiencia,

esto depende de las condiciones de diseño y operación establecidas en el proceso. En este método se pueden utilizar procesos tanto continuos como discontinuos o batch.

b) Rotaevaporación. Este es un tipo de destilación pero en donde se busca la separación de un solo componente, la diferencia es la capacidad de procesamiento, el tiempo de operación.

c) Disminución de aceites de fusel desde la fermentación. A través de este método se disminuye la producción de los aceites de fusel desde el inicio, es decir desde la fermentación. Con esto se logra obtener solo lo que es de interés que es el alcohol etílico.

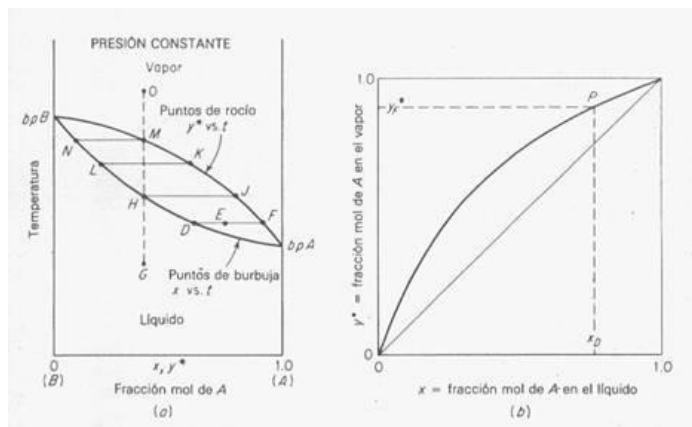
6) Destilación. La destilación es un método para separar los componentes de una solución; depende de la distribución de las sustancias entre una fase gaseosa y una líquida, y se aplica a los casos en que todos los componentes están presentes en las dos fases. En vez de introducir una nueva sustancia en la mezcla, con el fin de obtener la segunda fase (como se hace en la absorción o desorción de gases) la nueva fase se crea por evaporación o condensación a partir de la solución original. (Treybal, 1988)

a) Equilibrio vapor-líquido. Los métodos de destilación se aplicaran con éxito si se comprenden los equilibrios que existen entre la fase vapor y líquido de las mezclas encontradas. Por lo tanto, es esencial un breve análisis de dichos equilibrios.(Treybal, 1988)

b) Diagrama de fases presión-temperatura.-concentración. Las mezclas binarias, las cuales son llamadas “ordinarias” indican que (a) los componentes líquidos se disuelven en cualquier proporción para formar soluciones homogéneas, las cuales no son necesariamente ideales, y (b) que no hay complicación alguna de puntos de ebullición máximos o mínimos. El componente A de la mezcla binaria A-B se considera como el mas volátil; esto significa que la presión de vapor de A puro a cualquier temperatura es mayor que la presión de vapor B puro. Por supuesto, el equilibrio entre vapor-líquido para cada sustancia pura de la mezcla es su relación entre la presión de vapor y temperatura. Respecto de las mezclas binarias, se

debe también considerar una variable adicional, la concentración. Las fracciones mol son las unidades más convenientes de concentración que se pueden utilizarse.

Figura No. 1 Diagramas vapor-líquido.



c) Volatilidad relativa. Cuando mayor es la distancia entre la curva en el equilibrio y la diagonal de la Figura No. 1, mayor es la diferencia en las composiciones del líquido y del vapor, y mayor es la facilidad para realizar la separación por destilación. Una medida numérica de lo anterior se conoce como el factor de separación α , particularmente en el caso de la destilación, la volatilidad relativa (alfa). Esta es la relación entre la relación de concentraciones de A y B en una fase y en la otra, y es una medida de la posibilidad de separación.

$$\alpha = \frac{y^*/(1-y^*)}{x/(1-x)} = \frac{y^*(1-x)}{x(1-y^*)}$$

Ecuación No. 1

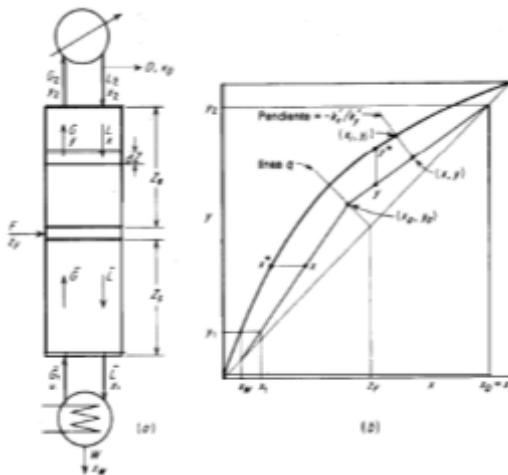
El valor de α generalmente cambiara al variar x de 0 a 1 si $y^* = x$ (excepto en $x = 0$ ó 1), $\alpha = 1$ y 0 la separación no es posible. Cuanto más arriba de la unidad esté α , mayor será el grado de separación. (Treybal, 1988)

d) Equipo de contacto continuo (Torres empacadas). Las torres llenas son diferentes tipos de empaques, frecuentemente compiten en costo con los platos; son particularmente útiles cuando la caída de presión debe pequeña, como en las destilaciones a baja presión, y cuando la retención del líquido debe ser pequeña,

como en la destilación de materiales sensibles al calor cuya exposición a temperaturas elevadas se debe minimizar. También existen empaques extremadamente efectivos que se emplean en trabajo a nivel laboratorio y que son capaces de producir el equivalente a muchas etapas en altura de empaque de solo unos cuantos pies. (Hopp, 1994)

e) La unidad de transferencia. Al igual que los absorbedores empacados, los cambio de concentración producidos con la altura, por estas torres son continuos y no graduales, como en las torres de platos. El procedimiento de cálculo debe tomar esto en consideración. En la Figura No.2 se muestra un dibujo esquemático de una fraccionador de torre empacada. Como en el caso de las torres de platos, debe poseer un rehervidor en el fondo (también se puede utilizar vapor vivo si se va a producir un residuo acuoso), un condensador, medios para regresar el reflujo y vapor rehevado y medios para introducir la alimentación. (Treybal, 1988)

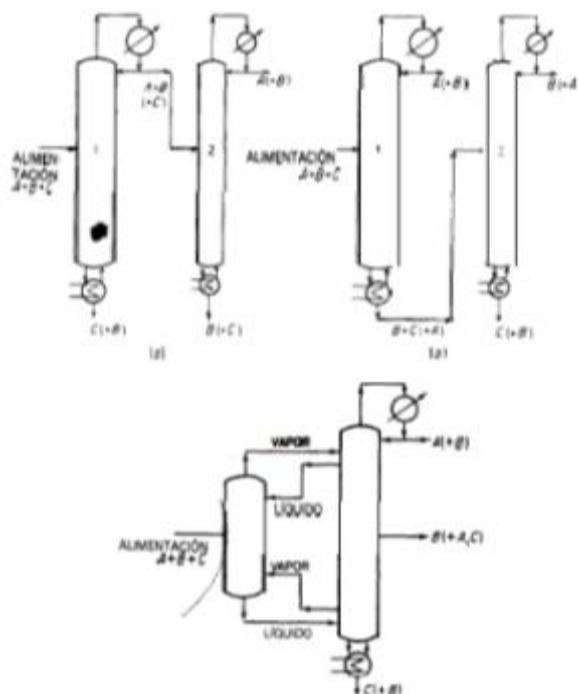
Figura No. 2 Fraccionamiento en una torre empacada.



(Treybal, 1988)

f) Sistemas multicomponentes. Muchas de las destilaciones en la industria emplean más de dos componentes. No obstante que los principios establecidos para soluciones binarias se aplican generalmente a estas destilaciones, se introducen nuevos problemas de diseño que requieren consideración especial. (Treybal, 1988)

Figura No. 3 Esquemas de destilación continua para una solución ternaria.

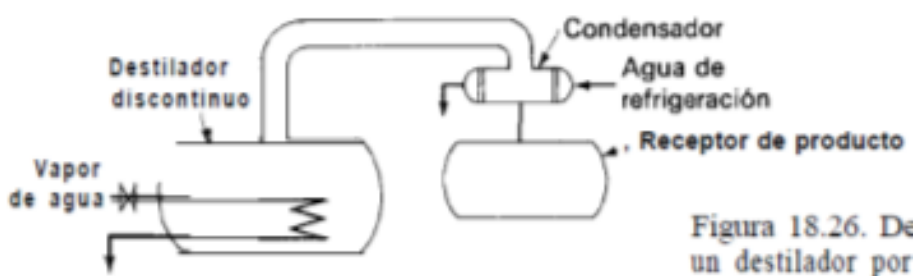


Un principio importante que debe acentuarse es que un único fraccionador no puede separar más de un componente en forma razonablemente pura a partir de una solución de varios componentes, sino que se requerirá un total de $n-1$ fraccionadores para lograr la separación completa de un sistema de n componentes.

Los principios generales de diseño de los fraccionadores de multicomponentes son los mismos en muchos aspectos que aquellos para sistemas binarios, pero la escasez de adecuados datos en el equilibrio vapor-líquido impone severas restricciones a su aplicación. Estos datos se necesitan especialmente para líquidos no ideales; debe acentuarse el peligro de tratar nuevos diseños sin los datos adecuados de equilibrio o sin los estudios en planta piloto para estas soluciones. Otro serio problema que aun no se resuelve son los métodos inadecuados de manejar la eficiencia de los platos en los sistemas de multicomponentes. El procedimiento de diseño más seguro es el de Thiele y Geddes. Este método supone que, para una alimentación dada, se conocen desde el principio el número de platos, la posición del plato de alimentación, la relación de líquido/vapor y la temperatura de cada plato; en consecuencia, procede a calcular el producto destilado y el residuo resultante. (Hopp, 1994)

g) Destilación discontinua. En algunas plantas pequeñas se recuperan productos volátiles a partir de una disolución líquida por destilación discontinua. La mezcla se carga en un calderín y se le comunica calor por medio de un serpentín o a través de la pared del recipiente hasta que el líquido alcanza la temperatura de ebullición y se vaporiza después una parte de la carga. En el medio más sencillo de operación, los vapores pasan directamente desde el calderín hasta el condensador, tal como se muestra en la Figura No.4. El vapor que en una determinado momento sale del calderín esta en equilibrio con el líquido existente en el calderín, pero como el vapor es mas rico en el componente mas volátil, las composiciones del líquido y el vapor no son constantes. (Treybal, 1988)

Figura No. 4 Destilación simple en un destilador por cargas.



(McCabe, 1991)

h) Destilación discontinua con reflujo. La destilación discontinua con un destilador sencillo no conduce a una buena separación, salvo que la volatilidad relativa sea muy grande. En muchos casos se utiliza una columna de rectificación con reflujo para mejorar la eficiencia de un destilador discontinuo. Si la columna no es demasiado grande, se puede instalar sobre la parte superior del calderín o bien puede acoplarse independientemente por medio de tuberías de conexión para las corrientes de líquido vapor. (Hopp, 1994)

Tabla No. 2: Ventajas y desventajas en cada método.

Método	Ventajas	Desventajas
Destilación	Bajo tiempo de procesamiento Flujos altos ya sean continuos o discontinuos Alta capacidad de procesamiento Fracciones relativamente puras Separación de varias fracciones	Alto costo debido a los distintos sistemas auxiliares y equipo en si Espacio requerido para instalación alto
Rotaevaporación	Fracciones con mayor pureza que en una destilación industrial Mayor control del proceso Costo de equipo relativamente bajo	Tiempo de procesamiento relativamente alto Baja capacidad de procesamiento Proceso solamente batch Se enfoca principalmente en un solo componente Uso solo a nivel laboratorio

Tabla No. 3: Comparación sistema continuo y discontinuo de destilación.

Contínuo	Discontínuo
<p>Altos capacidades de materia procesada</p> <p>Tiempos de proceso bajo</p> <p>Eliminación de tiempos muertos</p> <p>Ingreso de materia prima y productos de forma continua</p> <p>Automatización</p> <p>Economía de escala</p> <p>Mayor uniformidad de los productos</p> <p>Se requiere uniformidad de composición de materias primas</p> <p>Difícil adaptación de la producción al consumo</p> <p>Arranque y paradas complicado</p> <p>Equipo de instrumentación y control costoso.</p>	<p>Carga de materia por lotes</p> <p>Baja capacidad de procesamiento</p> <p>Tiempo de procesamiento relativamente lento</p> <p>La recolección de las cabezas es de forma continua y la de las colas va quedando en el calderín.</p> <p>Sistema simple</p> <p>No se requiere uniformidad en la composición de materias primas</p> <p>Arranque y paradas relativamente fácil</p> <p>Tiempos muertos</p> <p>Se produce lo que se va a consumir o vender</p> <p>Costo energético alto</p> <p>Gran cantidad de personal (llenado, calentamiento, etc)</p>

Tabla No. 4: Comparación entre torres de platos y empacada.

Aspecto	Comparación
Caída de presión	Generalmente, las torres empacadas requieren una menor caída de presión. Los empaques tienen características convenientes de eficiencia y caída de presión para destilaciones críticas al vacío.
Retención de líquido	Las torres empacadas proporcionan una retención del líquido sustancialmente menor. También es importante para obtener buenas separaciones en la destilación por lotes.
Relación líquido-gas	En las torres de platos se trabaja con los valores muy bajos de esta relación. En las torres empacadas son preferibles los valores altos. Los flujos bajos de líquido llevan al humedecimiento incompleto de los empaques de la columna, lo que hace disminuir la eficiencia del contacto.
Enfriamiento del líquido	Las espirales de enfriamiento se construyen más fácilmente en las torres de platos. El líquido puede eliminarse más rápidamente de los platos, para pasarlo a través de enfriadores y regresarlo, que de las torres empacadas.
Corrientes laterales	Son eliminadas más fácilmente de las torres de platos.
Sistemas espumantes	Las torres empacadas operan con menor burbujeo del gas a través del líquido y son las más adecuadas.
Corrosión	Cuando se tiene problemas complicados de corrosión, las torres empacadas son probablemente las menos costosas.
Presencia de sólidos	Ninguno de los dos tipos de torres es muy satisfactorio. Los líquidos pueden filtrarse o bien clarificarse antes de entrar a la torre.
Limpieza	La limpieza frecuentemente es más fácil en las torres de platos.
Fluctuaciones grandes de temperatura	Los empaques frágiles (cerámica, grafito) tienden a romperse. Los platos o empaques de metal son más satisfactorios.
Carga sobre la base	Las torres empacadas de plástico son menos pesadas que las torres de platos, las que a su vez son más ligeras que las torres de cerámica, o empaque de metal. En cualquier caso, debe diseñarse la carga sobre la base considerando que la torre puede llenarse accidental o completamente de líquido.
Costo	Si no hay otras consideraciones importantes, el costo es el factor principal que debe tomarse en cuenta. Para columnas de menos de 0.6 metros de diámetro, los empaques suelen ser más baratos que los platos a menos que se necesiten empaques de aleaciones metálicas. Sin embargo, las columnas empacadas tienen intervalos de operación más estrechos que las de los platos de flujo cruzado.

7) Disminución de aceites de fusel desde la fermentación.

Estudios a nivel laboratorio han demostrado que se puede realizar una reducción considerablemente alta de producción de alcoholes superiores mediante fermentación

con mutantes de *Saccharomyces cerevisiae* auxotrofo para aminoácidos. (Álvarez, 2005)

El análisis por cromatografía gaseosa de los mostos fermentados por el mutante XA3-1 mostró una disminución de más del 10 y 20 % en la concentración de alcoholes isobutílico e isoamílico respectivamente, siendo notorio que no se detectó presencia de propanol, logrando de esta forma una reducción en el contenido de alcoholes superiores totales hasta valores aproximados al 40 %. No se apreciaron afectaciones negativas en cuanto a los niveles de acetato de etilo y acetaldehído, observándose incrementos en la concentración de este último y la acidez con respecto a los reportados para la cepa parental. Estos resultados confirman que el empleo de cepas con mutaciones en los genes que codifican para enzimas claves en la síntesis de aminoácidos específicos puede representar un factor importante para disminuir la formación de alcoholes superiores, requerimiento que acredita la calidad organoléptica del aguardiente. (Álvarez, 2005)

8) Estudio de rotoevaporación. El incremento de producción de aceite de fusel proveniente de industrias fermentativas representa la posibilidad de búsqueda de nuevas alternativas en su utilización. Por tal razón se han investigado nuevas técnicas de refinamiento del aceite de fusel, en este caso por medio de la operación en un rotaevaporador. En esta investigación se operaron cinco diferentes presiones de vacío; 16,25,67,175 y 240 mbar a condiciones de operación constante entre las cuales destacan temperatura del baño 60°C, temperatura de enfriamiento 20 °C, inclinación de balón 45°, 240 rpm para el sistema de rotación, 844 mbar de presión atmosférica y 10 minutos de operación. (Pérez, 2012)

Dentro de los resultados se realizó la evaluación del rendimiento de cada muestra, composición química del aceite de fusel y medición de densidad; el análisis estadístico realizado fue empleado con un nivel de confiabilidad del 90%.(Pérez, 2012)

Tabla No. 5: Resultados finales de obtención de alcohol amílico – Método de Rotaevaporación 60°C y 844 mbar.

Presión absoluta (mbar)	Cabezas (%v/v)	$\pm \sigma$	Colas (%v/v)	$\pm \sigma$
16	82.51	6.83	13.07	7.76
25	87.76	5.05	9.39	5.05
67	91.2	4.23	5.34	4.37
175	90.71	2.59	6.13	1.94
240	29.48	5.73	56.66	16.16

(Pérez, 2012)

9) Mercado actual.

a) **Internacional.** A nivel internacional se puede observar una evolución en el tema de combustibles ahora más plantas de combustibles están viendo isobutanol como una nueva alternativa.

En Estados Unidos de América son varias las plantas de etanol que han cambiado la producción de etanol por isobutanol, Granite Falls Energía de Granite Falls, Minnesota; Platinum Ethanol de Arthur, Iowa, que es propiedad de la sede en Minnesota Fagen Inc., son algunas.

«La compañía, una empresa conjunta de BP y DuPont, dijo que iniciará la construcción de una planta el próximo año, completarlo en 2014 y la modificación más basada en la demanda.» (Shaffer, 2012)

Isobutanol, como el etanol, es un alcohol producido por fermentación de maíz, aunque también utiliza levadura genéticamente modificada. El producto final se puede mezclar con la gasolina como combustible de motor o se utiliza para fabricar productos químicos y plásticos, y se está probando como combustible de avión.

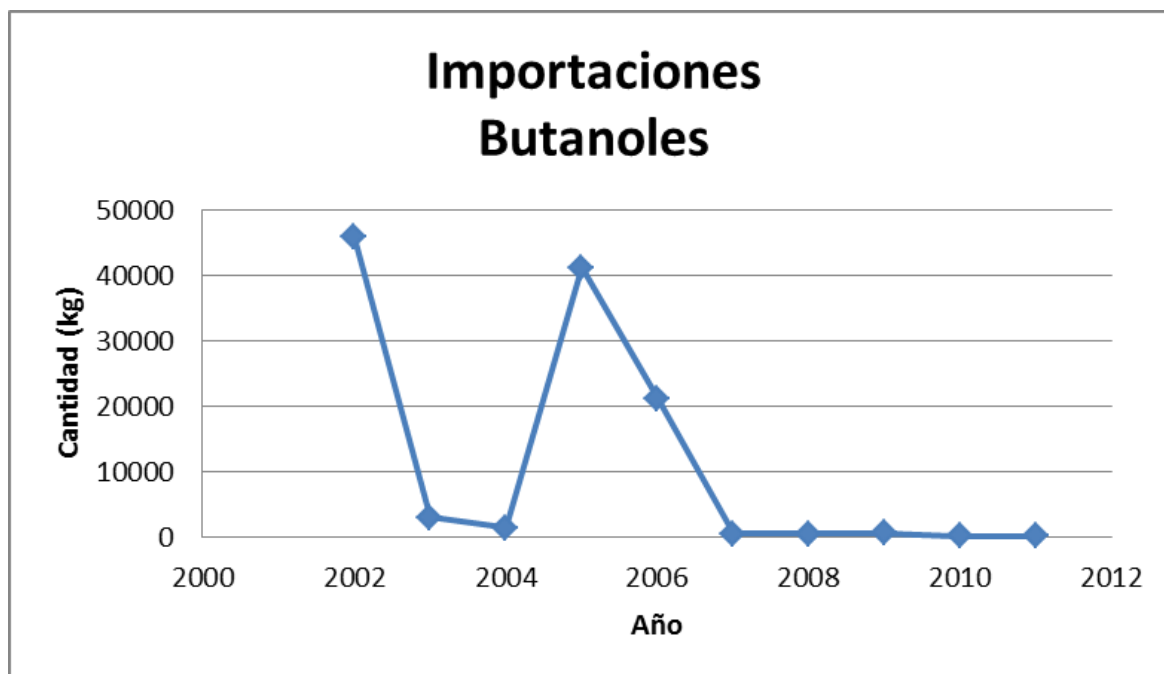
«El biobutanol es un siguiente paso emocionante en la evolución de los biocombustibles y representa una oportunidad importante para las empresas como la nuestra para producir y comercializar un producto de mayor valor y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero,» dijo Ron Fagen, propietario de etanol Platinum LLC y presidente de Fagen. (Shaffer, 2012)

i) **Nacional.** Las cifras que reporta el Banco de Guatemala para las importaciones y exportaciones de estos dos compuestos (isobutanol y alcohol isoamílico se resumen en la siguiente tabla.

Tabla No. 6: Importaciones y exportaciones para los componentes de interés en el país de Guatemala para el periodo 2002-2011.

Año	Producto	Importaciones		Exportaciones	
		Valor CIF (U.S Dólares)	Cantidad (kg)	Valor CIF (U.S Dólares)	Cantidad (kg)
2002	Butanoles	40934.00	45895.00	15082.00	21096.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	48790.00	405848.00	0.00	0.00
2003	Butanoles	365402.00	2991.00	0.00	0.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	61203.00	539868.00	0.00	0.00
2004	Butanoles	9504.00	1501.00	0.00	0.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	3891.00	475.00	0.00	0.00
2005	Butanoles	65532.00	41222.00	0.00	0.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	1345.00	45.00	0.00	0.00
2006	Butanoles	42282.00	21258.00	0.00	0.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	3318.00	140.00	0.00	0.00
2007	Butanoles	5162.00	517.00	711.00	28.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	0.00	0.00	0.00	0.00
2008	Butanoles	5951.00	594.00	0.00	0.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	0.00	0.00	0.00	0.00
2009	Butanoles	5867.00	656.00	0.00	0.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	0.00	0.00	0.00	0.00
2010	Butanoles	4002.00	254.00	0.00	0.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	0.00	0.00	0.00	0.00
2011	Butanoles	1206.00	148.00	0.00	0.00
	Alcohol amílico y sus isómeros	0.00	0.00	0.00	0.00

(Banco de Guatemala)

Figura No. 5 Comportamiento de las importaciones de Butanoles en Guatemala.**Figura No. 6** Comportamiento de las importaciones de alcoholes amílicos y sus isómeros en Guatemala.

b. Biogás. Cuando la materia orgánica como comida, restos de plantas, estiércol, lodo de aguas residuales, porciones biodegradables de los desechos sólidos municipales, etc. se descompone en la ausencia de oxígeno libre, normalmente generan un gas que consiste en 40 – 70 % de metano, siendo el resto dióxido de carbono con trazas de otros gases. Si se inflama, este gas se quema limpiamente (no emite hollín o mal olor) de forma similar al gas licuado de petróleo (LPG) o al gas natural comprimido (CNG).

Este gas es comúnmente llamado biogás. El biogás tiene buen valor calorífico, sin embargo es menor al del LPG o CNG. La mezcla CH_4 y CO_2 no es el único gas posible por la degradación anaeróbica de materia orgánica. De los dos, el metano se produce sólo si bacterias metanogénicas están involucradas en la descomposición anaerobia. Bajo diferentes condiciones, y con otras especies de microorganismo anaerobios, gases como hidrógeno y sulfuro de hidrógeno pueden ser generados en vez de metano. Afortunadamente, las bacterias metanogénicas ocurren muy comúnmente en la naturaleza y en la mayoría de los casos la digestión anaeróbica da como resultado la generación de mayormente una mezcla CH_4 y CO_2 , que comúnmente es llamada biogás. . (Pineda, 2011:14)

Tabla No. 7: Características generales del biogás.

Composición	55-70% Metano
	30-45% Dióxido de carbono
	Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0-6.5 kWh m ⁻³
Equivalente de combustible	0.6-0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límites explosivos	6-12% biogás en aire
Temperatura de ignición	650-750°C (con el contenido de metano especificado)
Presión crítica	7.5-8.9 MPa
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad	1.2 kg m ⁻³
Olor (sulfurado)	Huevos podridos
Masa molar	16.043 kg mol ⁻¹

Generación de biogás: La digestión anaeróbica involucra fermentación bacteriana de desechos orgánicos en la ausencia de oxígeno libre. La fermentación lleva al rompimiento de moléculas orgánicas complejas biodegradables en un proceso de cuatro etapas:

Macromoléculas grandes de proteína, grasas y polímeros carbohidratos (como celulosa y almidón) se rompen por medio de hidrólisis para convertirse en aminoácidos, ácidos grasos de cadena larga y azúcares.

Estos productos se fermentan durante la acidogénesis para formar ácidos grasos volátiles, principalmente láctico, propiónico, butírico, y valérico.

En la acetogénesis, las bacterias consumen estos productos de fermentación y generan ácido acético, dióxido de carbono e hidrógeno.

Los organismos metanogénicos consumen el acetato, hidrógeno y algo del dióxido de carbono para producir metano. Tres vías bioquímicas son usadas por las bacterias metanogénicas para lograr esto: a) vía acetotrófica ($4\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow 4\text{CO}_2 + 4\text{CH}_4$), b) vía hidrogenotrófica ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$), y c) vía metilotrófica ($4\text{CH}_3\text{OH} + 6\text{H}_2 \rightarrow 3\text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$). (Abbasi, Tauseef, Abbasi, 2011:1)

Los factores que influyen en la digestión anaeróbica son:

- Cultivación: La fase de inicio de una planta anaeróbica a menudo tarda 2 – 4 meses. La fase de inicio puede fallar completamente y la bioreacción no funciona. Para evitar estos problemas, el hidrolizador y el reactor de metano son a menudo inoculados con lodo anaeróbico de otras plantas de fermentación. (Liu, Yan y Yue, 2011:111)
- Relación C/N: Las proporciones relativas de carbono y nitrógeno presentes en un material orgánico son expresadas en términos de la relación carbono/nitrógeno (C/N). La relación C/N en el rango de 20 – 30 es considerada óptima para la digestión anaeróbica. Si la relación C/N es muy alta, el nitrógeno es consumido rápidamente por los metanógenos para alcanzar su requerimiento de proteína y ya no está disponible para reaccionar en el contenido de carbono sobrante en el material; la producción

de biogás decae. Si la relación C/N es muy baja, el nitrógeno es liberado y se acumula en forma de amonio, incrementando el pH del material. Cuando el pH sube más de 8.5, empieza un efecto tóxico sobre las bacterias metanogénicas. Para mantener el nivel de C/N óptimo en el material del digestor, materiales con relación C/N alta se pueden mezclar con materiales de relación C/N baja. (Deublein y Steinhauser, 2010:118)

- Dilución: Agua debería ser agregada, si es necesario, a la materia prima para generar un lodo que no sea tan espeso ni tan ralo. Si el material se diluye mucho, las partículas sólidas pueden sedimentarse en el digestor y pueden no ser degradadas adecuadamente. Si el lodo es muy espeso, puede ser difícil de mezclar y puede impedir el flujo de gas hacia la parte superior del digestor. Diferentes sistemas pueden manejar diferentes niveles de densidad del lodo, generalmente en el rango de 10 – 25 % de sólidos. (Deublein y Steinhauser, 2010:118)
- pH: La producción óptima de biogás se alcanza cuando el valor del pH de la mezcla de entrada es entre 6 y 7. Durante el período inicial de digestión, grandes cantidades de ácidos orgánicos son producidos y el pH de la mezcla decrece. Mientras la digestión continúa y la concentración de amonio se incrementa, debido a la digestión de nitrógeno, el valor del pH se incrementa. Cuando la producción de gas metano se estabiliza, el pH queda entre 7.2 y 8.2. Cuando el material de plantas se fermenta en un sistema por lotes o “batch”, la etapa de acetogénesis es rápida, produciendo ácidos orgánicos que reducen el pH e inhiben la digestión. En tales situaciones, la reducción en el pH usualmente se puede controlar con la adición de lima. (Abbasi, *et al.*, 2011:5)

Si el valor del pH cae debajo de 6.5, entonces la producción de ácidos orgánicos lleva a un mayor decremento del pH debido a las bacterias hidrolíticas y posiblemente al cese de la fermentación. En la realidad, el valor del pH se mantiene dentro del rango neutro por medio de procesos naturales en el fermentador. Dos sistemas amortiguadores aseguran esto. Una acidificación muy fuerte se evita por el sistema amortiguador $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-/\text{CO}_3^{2-}$. Una acidificación muy débil se evita por el sistema amortiguador $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$. (Deublein y Steinhauser, 2010:114)

- Temperatura: Diferentes especies de bacterias metanogénicas funcionan óptimamente en tres rangos de temperatura diferentes: 50 – 65, 20 – 40, y <10°C. Las bacterias asociadas son llamadas termofílicas, mesofílicas y psicofílicas, respectivamente. Fuera de estos rangos de temperatura, el consorcio de microorganismos asociados no puede sobrevivir. La digestión a gran escala es usualmente llevada a cabo en el modo mesofílico con menor cantidad de digestores operando en el modo termofílico y muchos menos en el modo psicofílico. La temperatura mesofílica óptima es 35°C. Aunque la digestión anaeróbica termofílica es la más eficiente, no suele utilizarse por requerir de un control más difícil y entradas de energía extra. (Deublein y Steinhäuser, 2010:118)
- Tiempo de retención: Es la duración en la que el material orgánico (sustrato) y microorganismos (“sólidos”) deben permanecer juntos en un digestor para alcanzar el grado deseado de degradación. Mientras más corto sea el tiempo de retención del sustrato (tiempo de retención hidráulico) requerido para lograr este objetivo en un reactor aeróbico, más eficiente es el reactor. Pero para lograr tiempos de retención del sustrato bajos es necesario lograr simultáneamente tiempos de retención de los microorganismos (tiempo de retención de sólidos) altos. (Deublein y Steinhäuser, 2010:130)

A una temperatura dada, los microorganismos presentes en el digestor sólo pueden consumir una limitada cantidad de comida cada día. Por lo tanto, para digerir una cantidad dada de sustrato, se debe suplir una cantidad adecuada de microorganismos. La relación de la cantidad de sustrato y la cantidad de microorganismos disponibles para consumir ese sustrato se llama relación comida a microorganismo (F/M). Esta relación es el factor que controla en todos los procesos de tratamiento biológico. Una relación F/M menor a la adecuada resulta en un mayor porcentaje de sustrato convertido a biogás.

La única forma en que la relación F/M pueda ser adecuadamente baja es encontrar una forma en que el tiempo de retención de sólidos sea alto, es decir, encontrar formas con las que el sustrato pase por el digestor rápidamente pero los microorganismos pasen mucho más despacio. Esto no se puede lograr en un sistema por lotes.

- Toxicidad: Iones minerales, especialmente de metales pesados, y detergentes son entre los materiales que inhiben el crecimiento normal de bacterias en el digestor. Pequeñas cantidades de minerales (sodio, potasio, calcio, magnesio, amonio, y azufre) estimulan el crecimiento de bacterias, pero concentraciones mayores tienen un efecto tóxico. Metales pesados como cobre, níquel, cobalto, cromo, zinc y plomo son esenciales para el crecimiento de bacterias en cantidades muy pequeñas, pero cantidades más grandes tienen un efecto tóxico. Detergentes como jabones, antibióticos, y solventes orgánicos también inhiben las bacterias. La recuperación de digestores después de la inhibición por sustancias tóxicas sólo se puede lograr por el cese de alimentación y el lavado o dilución de contenidos para llevar la concentración de sustancias inhibitorias a valores menores al tóxico. (Abbasi, *et al.*, 2011:7)
- Generalmente, materias primas como pajas y cultivos energéticos no contienen grandes cantidades de sustancias tóxicas. Sin embargo, desechos orgánicos de la explotación ganadera y plantas contienen una variedad de sustancias tóxicas, como desinfectantes, pesticidas y metales pesados, que inhiben el crecimiento, metabolismo y propagación de los anaerobios. Por ejemplo, el CHCl_3 a una concentración baja de 1 mg/L puede inhibir completamente la actividad metanogénica y llevar a la falla del sistema de digestión. Los taninos condensados – compuestos secundarios de las plantas que se encuentran en muchas legumbres – pueden inhibir la formación de metano. (Liu, *et al.*, 2011:103)
- Agitación: La agitación es requerida para mantener homogeneidad del fluido y estabilidad del proceso en un digestor. Los objetivos de mezclar son combinar el material entrante con las bacterias, detener la formación de escoria, y evitar gradientes de temperatura pronunciados. Agitación muy rápida puede afectar negativamente a la comunidad bacteriana, mientras que agitación muy lenta puede causar mezclado inadecuado. El grado de mezclado requerido también depende del contenido de la mezcla que se digiera. (Abbasi, *et al.*, 2011:9)
- Luz: La luz no es letal para las bacterias metanogénicas, pero inhiben severamente la producción de metano. La producción de metano debe tomar lugar en oscuridad absoluta.

10) Biogás. a partir de desechos sólidos orgánicos. Teóricamente, cantidades enormes de energía como biogás pueden ser generadas de desechos sólidos biodegradables. Ya que los desechos sólidos son producidos en todo el mundo en cantidades varias veces mayores que el estiércol, cualquier proceso que pueda generar energía neta de desechos sólidos como biogás es atractivo. Otros métodos existentes de procesamiento de desechos sólidos, como incineración y compostaje, son ya sea consumidores netos de energía o peligrosos para el medioambiente. En comparación, la digestión aeróbica es mucho más limpia y benigna. (Abbasi, *et al.*, 2011:105)

Los desechos sólidos municipales contienen una variedad de sustancias orgánicas biodegradables. Debido a la escasez de energía, las plantas de biogás usando desechos orgánicos de los desechos sólidos municipales como materias primas se están volviendo atractivos, y más y más plantas comerciales serán establecidas alrededor del mundo. Por el otro lado, estas plantas pueden reducir efectivamente las instalaciones requeridas para rellenos sanitarios o incineración.(Liu, *et al.*, 2011:111)

11) Medición volumétrica y manométrica de biogás. La medición de biogás se hace de forma manométrica, manteniendo el volumen constante y midiendo el incremento de presión, o volumétricamente, dando condiciones de presión constante permitiendo medir el volumen. El ritmo y volumen del biogás producido de pruebas de digestión anaeróbica incluyen diferentes técnicas como jeringas lubricadas, dispositivos de desplazamiento de volumen, manómetros de presión o transductores, jeringas asistidas con manómetros, o medidores de baja presión. Diferentes investigadores han desarrollado diferentes tipos de medidores de gas por desplazamiento dependiendo de los requerimientos de la investigación. El principio general de funcionamiento de estos medidores de gas automáticos por desplazamiento es la diferencia de presión entre la entrada y la salida del medidor, que causa el llenado y vaciado periódico de un volumen de gas definido en la cámara de medición. El sensor opera el cerrado y la abertura de una válvula solenoide de dos o tres pasos para liberar el gas recolectado y resetea el sistema completo. El volumen total de gas es el producto del número de veces de llenados y vaciados por el volumen de la cámara. La medición del gas es independiente del perfil del flujo.

12) Medición de gas por desplazamiento de líquido. La mayoría de medidores volumétricos de gas en el laboratorio se basan en el método de desplazamiento de líquido. Estos medidores se pueden construir con materiales simples como frascos o cilindros de vidrio o plástico. Los medidores de desplazamiento de líquido son simples, económicos y trabajan por largos periodos de tiempo sin necesidad de mantenimiento. La preservación y recolección de gases es la operación más importante para cualquier gasómetro de desplazamiento de líquido. Los gasómetros son la unidad clásica de medición que trabaja con el principio de almacenamiento de gas y no proporciona los flujos directamente. La recolección del gas se hace usualmente con el uso de recipientes que contienen un líquido apropiado que es desplazado a medida que el gas se recolecta.

El procedimiento de conversión de biogás de condiciones normales a condiciones estándar se presenta abajo. Las fluctuaciones de la temperatura del cuarto y la presión atmosférica durante la medición del gas pueden causar errores en los cálculos de volumen, por lo que, para aplicar correcciones, es necesario registrarlas. La presión del gas adentro del tubo recolectado sobre la solución líquida es la suma de la presión del biogás y la presión de vapor. La presión del biogás ($P_{\text{biogás}}$) se puede obtener restando la presión de vapor del líquido (P_w) a la temperatura de la medición de la medida de la presión del gas húmedo recolectado (P).

$$P_{\text{biogás}} = P - P_w$$

Ecuación No. 2

Si el gas se recolecta sobre líquido, la presión estática actúa debido a la diferencia de nivel (P_{nivel}).

$$P_{\text{biogás}} = P - P_w - P_{\text{nivel}} \text{ ó } P_{\text{biogás}} = P - P_w + P_{\text{nivel}}$$

Ecuación No. 3

El volumen de gas producido en condiciones normales se puede convertir a condiciones estándar usando la ley de los gases ideales.

$$V_0 = V \times \frac{T_0}{T} \times \frac{P_{\text{biogás}}}{P_0}$$

Ecuación No. 4

En donde V es el volumen medido, P_0 es la presión a condiciones estándar, T es la temperatura medida, T_0 es la temperatura a condiciones estándar y V_0 es el volumen a condiciones estándar.

El mayor inconveniente del sistema de medición de biogás por desplazamiento de líquido es la inexactitud debido a la solubilidad/difusión del biogás a través de la solución de barrera. Líquidos como agua, aceite, agua acidificada y agua carbonatada son ampliamente usados como soluciones de barrera. La solubilidad y difusión varían con el tipo de líquido, presión atmosférica, temperatura, densidad del líquido, y composición del gas. Por lo tanto, el mismo factor de corrección no se puede aplicar todas las veces. Un estudio reportó que las subestimaciones de CO_2 en el biogás podían ser tan altas como el 30%. La evaporación de la solución de barrera después de un largo periodo de tiempo también puede resultar en inexactitudes. Los errores de solubilidad de los gases se pueden eliminar recolectando el gas en bolsas para gas y midiendo el volumen del gas con medidores de columna de líquido. (Parajuli, 2011, 8)

1) Parámetros de operación

- **Carga orgánica:** La construcción y operación de una planta de biogás es una combinación de consideraciones económicas y técnicas. Obtener el máximo rendimiento de biogás, por medio de la digestión completa del sustrato, requeriría un tiempo de retención muy largo dentro del digester y por lo tanto un tamaño grande del digester. En la práctica, la elección del diseño del sistema (tamaño del digester y tipo) se basa en lo anterior. Con respecto a esto, la carga orgánica es un parámetro operacional importante e indica

cuánta materia orgánica seca se puede alimentar al digestor, por unidad de volumen y tiempo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$B_R = \frac{mC}{V_R}$$

Ecuación No. 5

En donde B_R es la carga orgánica [$\text{kg}/\text{m}^3/\text{día}$], m es la masa de sustrato alimentado por unidad de tiempo [$\text{kg}/\text{día}$], C es la concentración de la materia orgánica [% p/p] y V_R es el volumen del digestor [m^3].

- Tiempo de retención hidráulico: El tiempo de retención hidráulico (HRT) es el intervalo de tiempo promedio que el sustrato es mantenido dentro del reactor. El HRT está correlacionado con el volumen del digestor y el volumen del sustrato alimentado por unidad de tiempo, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\text{HRT} = \frac{V_R}{V}$$

Ecuación No. 6

En donde HRT es el tiempo de retención hidráulico [días] y V es el volumen de sustrato alimentado por unidad de tiempo [$\text{m}^3/\text{día}$].

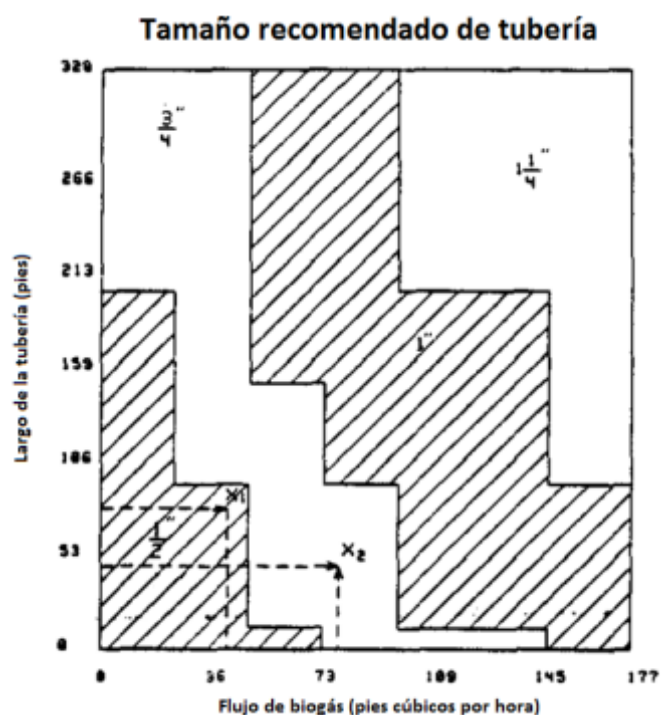
El tiempo de retención debe ser suficientemente largo para asegurar que la cantidad de microorganismos removidos en el efluente no sea mayor a la cantidad de microorganismos reproducidos. La velocidad de duplicación de las bacterias anaeróbicas es usualmente de 10 días o más. Un HRT corto provee un flujo de sustrato bueno, pero un rendimiento menor de gas. Por lo tanto es importante adaptar el HRT a la velocidad específica de descomposición del sustrato utilizado. Sabiendo el HRT, la alimentación diaria disponible y la velocidad de descomposición del sustrato, es posible calcular el volumen necesario de digestor. (Al Seadi, Rutz, Prassl, Köttner, Finsterwalder, Volk y Janssen, 2008:27)

- Tamaño de la tubería: Una determinación rápida del tamaño de la tubería de gas se puede hacer usando el diagrama presentado en la figura No. 7. Para

usar la figura se debe conocer el flujo de gas en pies cúbicos por hora y el largo de la tubería. (Walsh, Ross, Smith, Harper y Wilkins, 1988:24)

La tubería para biomasa debería tener un diámetro de 30 cm. El reflujó del sustrato es prevenido a través de una disposición correcta de la tubería. Cuando se instala la tubería, una inclinación de 1 – 2% debería ser mantenida, para permitir el despeje completo. (Al Seadi, *et al.*, 2008:72)

Figura No. 7 Diámetro de tubería recomendado para transporte de biogás en función del largo de la tubería y el flujo de biogás.



c. Compostaje. Se define como la degradación bioquímica de la materia orgánica fermentable, para convertirla en un compuesto bioquímicamente inactivo llamado compost. Se puede decir que el compost es un material que se obtiene por la acción microbiana controlada, donde se utilizan los desechos orgánicos como materia prima. (Deffis, 1989)

Se hace que los desechos alcancen un grado de digestión tal, que al ser aplicado al suelo no provoquen una competencia entre sus microorganismos y las plantas superiores por los nutrientes que ambos necesitan. Se obtiene a partir de la fermentación de

basura orgánica, es también conocido como humus, el producto final se usa para fertilizar y enriquecer la tierra de los cultivos. (Deffis, 1989)

El compost se realiza debido a que dentro de un suelo sano, la materia orgánica y el humus son esencialmente importantes, si queremos conservar nuestras tierras para asegurar nuestra sobrevivencia. Añadir composta y reciclando así nutrientes y minerales son las mejores llaves para combatir enfermedades de los cultivos. Se necesita urgentemente humus en todo el mundo para revitalizar y estabilizar los suelos empobrecidos. Composta y materia orgánica da cuerpo a los suelos arenosos y ligeros y mejora el drenaje en los suelos arcillosos. Hortalizas, que se abonan con composta producen mejores cosechas de una mejor calidad con una buena resistencia a las plagas. (Deffis, 1989)

Los diversos métodos de composteo utilizados actualmente en varios países, generan un porcentaje en peso de composta orgánica que varía entre 35 y 45% del peso bruto inicial de los residuos. Los materiales orgánicos que no se aprovechan o no se descomponen fácilmente son: trapo, cartón y papel. Estos residuos urbanos deben ser tratados en forma diferente, de preferencia mediante el reciclaje (recuperación directa). (Deffis, 1989)

En el composteo, la transformación de la materia orgánica se efectúa por la actividad de diversos microorganismos, tales como actinomicetos, bacterias y hongos, siendo las bacterias las que desempeñan el papel principal. La transformación de los residuos sólidos en humus, puede ocurrir de dos formas distintas: descomposición aerobia y anaerobia. (Deffis, 1989)

En cuanto a la digestión anaerobia, en esta variante biotecnológica, predomina la acción de los microorganismos cuyo metabolismo necesita de oxígeno libre para su subsistencia y desarrollo. Se favorece una mayor oxigenación si la masa de residuos se revuelve en forma manual o por medios mecánicos, obteniéndose como productos principales, materiales orgánicos estabilizados, bióxido de carbono y agua, conforme a la siguiente ecuación: (Deffis, 1989)

Las reacciones bioquímicas que se llevan a cabo durante el proceso aeróbico son exotérmicas y elevan la temperatura de la composta hasta cerca de 70° C, con lo cual se eliminan todos los agentes patógenos que puedan estar presentes en la masa inicial. (Deffis, 1989)

13) Proceso de digestión (Fermentación Bacteriana). Los métodos más usados para este tipo de proceso se basan en la acumulación de los residuos en pilas o hileras colocadas directamente en el terreno natural o sobre superficies pavimentadas o de concreto, cuyas características dependerán de las condiciones locales tales como son la disponibilidad de equipos para mover los residuos, disponibilidad de la mano de obra, condiciones climáticas (temperatura, lluvia, humedad, viento, etc.). (Deffis, 1989)

El material amontonado debe ser colocado en la forma más esponjada posible, para permitir la entrada de aire entre los intersticios. La experiencia ha demostrado que la altura más conveniente de la pila varía de 1.00 m como mínimo a 1.80 m como máximo. La altura debe ser mayor para climas fríos. (Deffis, 1989)

Las pilas muy altas sufren compactación por el propio peso, exigiendo volteos más frecuentes para mantener la condición aeróbica de la masa orgánica; en cambio, las pilas demasiado bajas tienen el inconveniente de que pierden calor rápidamente, no alcanzando la temperatura óptima que se requiere para el desarrollo de los organismos termófilos y la destrucción de los patógenos, por lo que la descomposición de la materia orgánica puede llegar a detenerse. Para evitar una pérdida excesiva de humedad, se recomienda que las hileras de residuos tengan de 2.40 a 3.60 m de ancho en la base. En tiempo seco, la sección puede ser trapezoidal, con un talud de 30° en relación con la vertical, ángulo que permite la estabilidad física de sus taludes. (Deffis, 1989)

Para climas lluviosos, la sección transversal de la pila debe ser redondeada para permitir el escurrimiento de agua. El largo depende de la cantidad de basura y es posible ir aumentando, diaria y progresivamente su longitud, hasta alcanzar el total que permita el terreno. (Deffis, 1989)

El volumen de los residuos digeridos por el sistema de pila en relación con el volumen original decrece en 20 a 60% y el peso se reduce de 50 a 80% del original. (Deffis, 1989)

Los factores que influyen en el proceso son:

- **Temperatura:** Una considerable cantidad de calor se genera en la fermentación aeróbica de los residuos y es retenida por una propiedad aislante, consecuentemente, hay un aumento apreciable de la temperatura en la masa orgánica. Generalmente, en las primeras 24 horas de digestión se alcanzan temperaturas entre 45 y 50° C. Esta temperatura representa el límite superior para los organismos mesófilos y una temperatura de 60 a 70° C se obtiene después de dos a cinco días. La declinación final de la temperatura es lenta e indica que el material ha sido digerido. Una caída de la temperatura antes de la estabilización de la materia orgánica puede reflejar que empieza la evolución hacia una digestión anaerobia. (Deffis, 1989)
- **Las temperaturas altas** son necesarias para la destrucción de los organismos patógenos y las semillas de diversas plantas, con lo cual se obtiene una composta de mejor calidad. No es conveniente sobrepasar los 70° C por un período prolongado, debido a que se reduce el número de organismos termófilos que actúan en el proceso de descomposición. (Deffis, 1989)
- **Humedad:** Es uno de los factores más importantes en el proceso de digestión, ya que si ésta es muy baja, los microorganismos no se desarrollan, y si es excesiva, el agua desplaza el aire al llenar los intersticios, presentándose circunstancias propicias para el desarrollo de condiciones anaerobias. (Deffis, 1989)

Las investigaciones científicas han concluido que el rango de humedad más favorable es de 40 a 55% para lograr condiciones aeróbicas. Sin embargo, si los materiales a digerir contienen una cantidad importante de paja y materiales fibrosos resistentes, el contenido de humedad puede ser mayor, llegando a soportar hasta un 70 a 75% sin afectar el proceso de descomposición aeróbica. (Deffis, 1989)

- Aireación: La aireación es básica para la descomposición termofílica de los residuos, con el propósito de lograr una rápida transformación sin malos olores. Se han desarrollado varias técnicas para airear los residuos en transformación, pero parece que el método más eficaz para el de pilas, es el volteo periódico del material. En este proceso de volteo debe tenerse especial cuidado de que las capas exteriores pasen a ocupar el interior de la unidad siguiente, y para ello se utilizan equipos mecanizados. (Deffis, 1989)
- La frecuencia de la aireación o número total de vueltas de la pila de basura en transformación, depende principalmente del contenido de humedad y del tipo de material. (Deffis Caso, Armando, 1989)
- pH: Los estudios y experiencias indican que este factor no tiene gran influencia en el proceso. El pH inicial de materiales digeribles, basura, estiércol, etc., varía normalmente de 5 a 7, amén que contengan sustancias alcalinas en exceso. (Deffis, 1989)
- Relación de Carbono/Nitrógeno: La relación de nitrógeno debe estar en el rango de $20:1 < C/N < 40:1$. Nota: Una baja relación de Carbono/Nitrógeno, es decir exceso de nitrógeno, causa liberación de Nitrógeno en forma de Amonio, presencia de moscas, gusanos y emisión de malos olores. (Deffis, 1989)

Tabla No. 8: Contenidos de porcentaje de nitrógeno y relación carbono/nitrógeno de distintos materiales.

Material		%N ₂	C/N
Residuos de comida	<i>Fruta</i>	1.52	34.8
	<i>Matadero</i>	7.0-10.0	2
Estiércoles	<i>Vaca</i>	1.70	18
	<i>Cerdo</i>	3.75	20
	<i>Aves</i>	6.30	15
	<i>Oveja</i>	3.75	22
Fangos activados	<i>Digerido</i>	1.88	15.7
	<i>Crudos</i>	5.60	6.3
Madera y paja	<i>Serrín</i>	0.10	200-500
	<i>Paja</i>	0.30	128
	<i>Madera Pino</i>	0.07	723
Papel	<i>Mezclado</i>	0.25	173
	<i>Periódico</i>	0.05	983
	<i>Revistas</i>	0.07	4.7
Residuos de Jardín	<i>Césped</i>	2.15	20.1
	<i>Hojas Caídas</i>	0.5-1	40-80
Biomasa	<i>General</i>	1.96	20.9

(Deffis, 1989)

- Condiciones climáticas

Las condiciones climáticas que influyen en el proceso de composteo son: la temperatura, el viento y la lluvia, fundamentalmente cuando se realiza a la intemperie. (Deffis, 1989)

El viento fuerte tiene doble efecto sobre el proceso; baja la temperatura y aumenta la evaporación, y consecuentemente el secado del material, en especial en el frente de la pila que azota el viento. (Deffis, 1989)

La lluvia no tiene un efecto importante en el proceso siempre y cuando las pilas o camellones sean redondeados para permitir que el agua escurra por la superficie y el terreno tenga un drenaje apropiado. (Deffis, 1989)

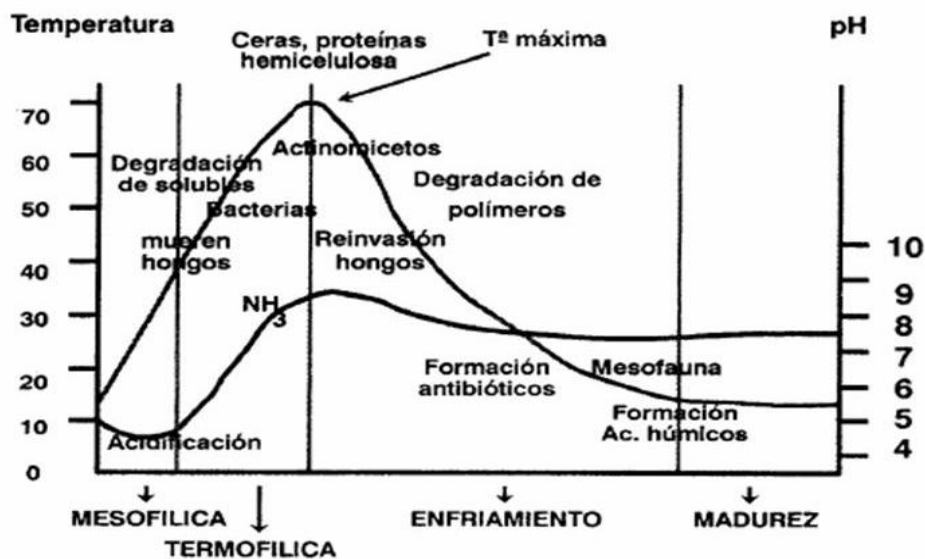
Si las lluvias son muy densas acompañadas de fuertes vientos logran penetrar de 30 a 40 cm. en el material, pero este efecto adverso se vence por medio de las vueltas sucesivas.(Deffis, 1989)

Sin embargo, no se considera conveniente efectuar el volteo en un momento de lluvia por que el material se humedecerá demasiado, y afectará la aireación.(Deffis, 1989)

- Formación de Compost

La formación de la composta en cualquier proceso que se utilice, se lleva a cabo en diferentes fases, las cuales se pueden apreciar en la siguiente figura y se describen a continuación: (Deffis, 1989)

Figura No. 8 Representativa de las distintas etapas por las que pasa el proceso de compostaje.



(Deffis, 1989)

- Fase latente

Esta fase comienza tan pronto como se establecen las condiciones de composteo y es un periodo de adaptación de los microorganismos presentes en los residuos. En ella, los microorganismos utilizan los azúcares, la celulosa simple, los aminoácidos y almidones presentes en los residuos crudos, rompiendo los compuestos complejos para liberar nutrientes, con lo que la cantidad de microorganismos comienza a incrementarse. Debido a esta actividad, se comienza a incrementar la temperatura en la masa de residuos. Cuando se encuentran grandes cantidades de material altamente putrescible, el periodo de latencia es muy breve. (Deffis, 1989)

- Fase de crecimiento

Es un periodo de transición entre la fase de latencia y la termofílica, en la que hay un crecimiento exponencial de la cantidad de microorganismos y por tanto una intensificación de actividad biológica. Dicha actividad se manifiesta en un incremento abrupto e ininterrumpido de temperatura en la masa de residuos y si no se toman las precauciones correspondientes, la temperatura puede alcanzar los 70° C o más. (Deffis, 1989)

- Fase termofílica

Es el intervalo de tiempo en el que la actividad permanece en su nivel máximo, mientras exista material fácilmente degradable y en cantidades suficientes para soportar el incremento de los microorganismos. Dependiendo del tipo de sustrato, así como de las condiciones ambientales y operativas, esta fase puede durar unos cuantos días o algunas semanas. La temperatura se mantiene alrededor de los 60° C, con muy pocas variaciones, siendo ésta la causa principal de la desaparición de protozoarios, hongos y otros microorganismos patógenos. (Deffis, 1989)

- Fase de maduración o curado:

Eventualmente, el material de fácil degradación se reduce drásticamente y comienza la fase de maduración. En ésta, se incrementa constantemente la cantidad de material resistente a la acción bacteriana y por lo tanto la proliferación de

microorganismos entra en su etapa de decaimiento. La temperatura también comienza a entrar en una inexorable disminución, que persiste hasta que se alcanza la temperatura ambiente.(Deffis, 1989)

El tiempo de maduración está en función del sustrato, las condiciones ambientales y de operación, por lo que puede tomar desde unas cuantas semanas hasta uno o dos años.(Deffis, 1989)

Diseño de parvas: El diseño de las parvas para compostaje por montón varía, según la cantidad de desechos sólidos que se posean, el diseño de las mismas se realiza mediante el siguiente calculo:(Deffis, 1989)

Base óptima: 2m

$$\text{Altura} = \left(\frac{\text{Base}}{2}\right)$$

Ecuación No. 7

$$\text{Largo} = \left(\frac{\text{Vol.residuo organico}}{\text{Base x Altura}}\right)$$

Ecuación No. 8

Figura No. 9 Imagen de la posible distribución de las pilas de compost.



(Deffis Caso, 1989)

1) Lombri-compost. Es un abono orgánico el cual es producido por las excretas de las lombrices, usualmente se utilizan lombrices genéticamente modificadas, como la coqueta roja o lombriz californiana (*Eisenia Foetida*) que es la que actualmente se utiliza en la proceso de este tipo de compost. (Schuldt, 2006)

Las lombrices son capaces de transformar el abono, restos de comida, restos de oficina, restos vegetales; los cuales en un periodo de entre 15 a 30 días han producido un abono orgánico con buenas características organolépticas y alto valor nutricional. El tiempo de descomposición puede variar según la población de lombrices que se posea, tipo de material, humedad, temperatura del material y grado de acidez. (Schuldt, 2006)

La Coqueta Roja criada en cautiverio, tiene un promedio de vida de 16 años. Se reproduce cada semana. Poseen los dos órganos reproductores, pero necesitan de otra lombriz para aparearse. Cada día se alimenta el equivalente a su peso, tiene 182 aparatos excretores, 6 riñones y 5 corazones. Su crecimiento es de 8 a 10 en estado adulto.

Las coquetas rojas son hermafroditas, no se fecundan, por lo cual es necesario la copula, la cual ocurre cada 7 o 10 días. Luego cada lombriz coloca una capsula (huevo en forma de perla de color amarillento) de unos 2mm. De la cual emergen de 2 a 21 lombrices después de un periodo de incubación de 14 a 21 días, dependiendo de la alimentación y de los cuidados. (Schuldt, 2006)

Condiciones a controlar: Al igual que cualquier otro tipo de compost es necesario controlar, su pH, humedad, aireación, temperatura y alimentación. (Schuldt, 2006)

Humedad: Debe poseer una humedad óptima de 70% y no menor de 50%, ya que la humedad facilita la ingestión del sustrato y su desplazamiento por el mismo, si no se posee una humedad adecuada puede dar lugar a la muerte de la lombriz.

Temperatura: El rango óptimo de temperatura para el crecimiento de las lombrices oscila entre 12-25°C y para la formación de los huevos entre 12-15°C.

pH: El pH óptimo para la lombriz es de 7, pero este puede oscilar entre 6-8.

d. Reciclaje de termoplásticos. Los plásticos proceden de recursos naturales como el petróleo, gas natural, carbón y sal común. A pesar de la gran industria que se ha desarrollado en los últimos años, sólo el 4% del petróleo producido

comercialmente es usado para producir plásticos. Estos se producen en forma de polvos, gránulos, líquidos y soluciones, los cuales por aplicación de calor y presión dan lugar a los productos que nos son familiares. Estos se caracterizan por una relación resistencia/densidad alta, unas propiedades excelentes para el aislamiento térmico y eléctrico y una buena resistencia a los ácidos, álcalis y disolventes. Las enormes moléculas de las que están compuestos pueden ser lineales, ramificadas o entrecruzadas, dependiendo del tipo de plástico. (CGP+L, 2004, pág 1)

Todos los plásticos tienen una estructura química semejante. En términos técnicos, los plásticos se producen a través de un proceso llamado polimerización. La polimerización es la unión química de monómeros para formar polímeros, lo cual significa que, al igual que en una cadena, se van uniendo pequeños eslabones idénticos de monómeros. El tipo de "eslabón" y el tamaño y la estructura, ya sea lineal o ramificada, de cada "cadena" o molécula de polímero determinan las propiedades del material plástico. (CGP+L, 2004, pág. 1)

Los plásticos se pueden dividir en dos grandes grupos dependiendo de su comportamiento ante el calor: los que son termoplásticos y los plásticos termoestables. Todos los termoplásticos se pueden reciclar resultando esto una gran ventaja para su uso y mayor aprovechamiento siempre teniendo en cuenta el tema ambiental. (CGP+L, 2004, pág. 1)

De acuerdo al documento "Desechos Sólidos Especiales en Guatemala", existen siete categorías de plástico encontramos en los residuos sólidos urbanos comúnmente. Estas categorías y sus códigos utilizados internacionalmente son:

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

Tabla No. 9: Usos comunes de los diferentes tipos de plásticos.

Material	Usos comunes
PET	Botella de refrescos carbonatados, recipientes para comida.
PE-HD	Botella de leche, botella de detergente, productos en forma de lámina como bolsa, etc.
PVC	Recipientes domésticos y empques de comida; tuberías; aislante de alambre y cable eléctrico.
PE-LD	Envase de película fina y envoltorios; pañuelos desechables; otros materiales de lámina; materiales para agricultura y construcción.
PP	Cajas para botellas, maletas, tapas de recipiente y etiquetas; cajas para acumuladores de automoviles; envases de comida.
PS	Vasos y platos de espuma, cubiertos descartables; artículos moldeados por inyección.
Otros	Plásticos.

(CGP+L, 2004, pág. 2)

El plástico tiene como principal uso el empaquetado. Es por esto que se comercializa una gran cantidad de polietileno de baja densidad con una forma de rollos de plástico transparente para envoltorios. Por otro lado el polietileno de alta densidad se usa para películas plásticas más gruesas, como por ejemplo la que se emplea en las bolsas de basura. También se utilizan en empaquetado el polipropileno, el poliestireno, el policloruro de vinilo (PVC) y el policloruro de vinilideno. Este último se usa en aplicaciones que requieren hermeticidad, ya que no permite el paso de gases como el oxígeno, hacia dentro o hacia fuera del paquete. De la misma forma, el polipropileno es una buena barrera contra el vapor de agua; tiene aplicaciones domésticas y se emplea en forma de fibra para fabricar alfombras y sogas. (CGP+L, 2004:2)

El polietileno de alta densidad se usa en tuberías, al igual que el policloruro de vinilo PVC, el cual se emplea también en forma de láminas como material de construcción. Muchos plásticos se utilizan para aislar cables e hilos; el poliestireno aplicado en forma de espuma sirve para aislar paredes y techos. También se hacen con plástico los marcos para puertas, ventanas, techos, molduras y muchos otros artículos. (CGP+L, 2004:2)

La fabricación de plásticos implica cuatro pasos básicos:

- Obtención de las materias primas
- Síntesis del polímero básico
- Composición del polímero como un producto utilizable industrialmente
- Moldeo o deformación del plástico a su forma definitiva. (CGP+L, 2004:2)

Es frecuente el uso de aditivos químicos para lograr una propiedad determinada en el plástico. Un ejemplo de esto son los antioxidantes que protegen el polímero de degradaciones químicas causadas por el oxígeno o el ozono. De una forma parecida, los estabilizadores ultravioleta lo protegen de la intemperie. Los plastificantes producen un polímero más flexible, los lubricantes reducen la fricción y los pigmentos colorean los plásticos. Muchos plásticos se fabrican en forma de material compuesto, lo que implica la adición de algún material de refuerzo (normalmente fibras de vidrio o de carbono) a la matriz de la resina plástica. Los materiales compuestos tienen la resistencia y la estabilidad de los metales, pero por lo general son más ligeros. Las espumas plásticas, un material compuesto de plástico y gas, proporcionan una masa de gran tamaño pero muy ligera. (CGP+L, 2004:2)

En términos generales los plásticos pueden ser producidos mediante métodos fáciles y económicos. Uno de los sistemas de conformación más utilizado es el de moldeo en caliente, que permite la fabricación en serie de piezas con gran variedad de formas, colores y consistencias. Normalmente los plásticos son ligeros y resisten bien la corrosión ambiental, lo cual si bien a nivel práctico es una de sus ventajas, es uno de los grandes escollos respecto al entorno. Además son buenos aislantes térmicos y eléctricos, puesto que las materias plásticas tienen propiedades específicas muy diferentes y presentan también una amplia gama de aplicaciones y resultan, en comparación, más baratas que otros materiales. (CGP+L, 2004, pág. 2)

Para el año del 2004 existía una variedad de más de 3 000 diferentes productos plásticos en el mercado. Entre estos, es posible solamente recuperar los más comunes, bajo la condición que se puedan separar completamente según los diferentes materiales. Es necesario destacar que 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 de plástico. Esto es debido a la variedad de

los plásticos en el mercado. Es verdad que el 90 % de los plásticos usados en los hogares, pertenecen a las categorías PP, PE, PS y PVC, es decir a los “reciclables”. Pero se utilizan varios químicos aditivos (suavizantes, colores, estabilizadores, ablandadores) que cambian las propiedades de estos plásticos. Por consiguiente, dos productos hechos del mismo plástico pueden tener características muy diferentes, lo que afecta la calidad del producto hecho a partir de los plásticos reciclados. (CGP+L, 2004:3)

También se da el problema que el plástico de algunos embalajes reacciona con los materiales que contiene. Si, por ejemplo, se conservan químicos agrícolas dentro de un recipiente de plástico, éste plástico quedará contaminado con los químicos que contenía. En el caso de reciclaje, el producto reciclado todavía contendrá ésta contaminación. En consecuencia, es muy importante clasificar los plásticos no solamente según el tipo de material pero también de acuerdo a su uso anterior y su procedencia. (CGP+L, 2004:3)

El problema general con los plásticos, lo cual son su gran ventaja al mismo tiempo, es su gran resistencia a la degradación. Sin embargo esto genera grandes desechos que no se degradan y constituyen un gran problema ambiental. Una de las estrategias desarrolladas para tratar este problema consiste en el reciclaje de los residuos plásticos y su posterior utilización para diferentes aplicaciones en sectores tales como la construcción. La incorporación de refuerzos en el material reciclado mejora las propiedades mecánicas del mismo. Un posible refuerzo son las fibras de origen vegetal o biofibras, que, además de mejorar técnicamente el producto, presentan ventajas económicas y ambientales. (Salvador, 2008:1)

Actualmente, ha empezado a usarse en la industria de la construcción materiales compuestos de harina de madera con Polipropileno (PP), Polietileno (PE) o Cloruro de polivinilo (PVC) y resinas termoestables. Estos compuestos, conocidos como Wood-PlasticComposites (WPC), han experimentado en Estados Unidos importantes avances, tanto en sus propiedades y procesado como en aceptación por el consumidor. Los compuestos reforzados con fibras, presentan excelentes propiedades mecánicas, comparables a los WPC, e incluso superiores, para contenidos en fibras netamente inferiores. (Salvador, 2008:1)

También se tiene el ejemplo de las poliolefinas como el polipropileno (PP) y polietileno de baja densidad (LDPE). Estos son los materiales poliméricos de mayor consumo debido a sus interesantes propiedades y bajo costo. Además poseen la ventaja de un fácil y económico procesado y posibilidad de reciclado y la incorporación de fibras cortas de refuerzo permite aumentar la rigidez y resistencia de estos materiales manteniendo la posibilidad de su transformación mediante las técnicas convencionales empleadas para procesar termoplásticos. Los factores básicos en el refuerzo son la resistencia, la dureza y la relación forma de la fibra y la concentración de la fibra en el compuesto final. (Salvador, 2008:1)

El reciclado del plástico requiere de una serie de pasos que se deben seguir para poder proceder a su tratamiento correspondiente de reciclado. El primer paso es recolectar y separar los plásticos, en origen por los todos los consumidores, para ello se debe separar los residuos plásticos del resto de la basura. Posteriormente se clasifican según los colores y se procede a su lavado y compactado. Una vez recogido y almacenado el plástico se procede a clasificarlo según su composición, este proceso se lleva a cabo en la planta de reciclaje según las diferentes características físicas y químicas de los plásticos. El mejor sistema para la recogida de plásticos y posterior reciclado se basa en recoger aquellos que sean fáciles de identificar, estén en estado puro. Se puede realizar de dos maneras: reciclaje mecánico o químico. (Martínez, 2010:20)

1) Reciclado mecánico. El plástico recuperado, convenientemente prensado y embalado, llega a la planta de reciclado donde comienza la etapa de regenerado del material:

- Triturado
- Lavado purificación
- Extrusión
- Granceado (aditivación conveniente)

Cabe destacar que solamente se pueden reciclar mecánicamente los termoplásticos (PEAD, PP, PET, PS). (Martínez, 2010:20)

2) Reciclado químico. Para este tipo de reciclado los envases se descomponen por procesos químicos en componentes sencillos que pueden ser utilizados como materias primas para obtener otros productos: aceite, grasas, monómeros, etc. El reciclado químico puede efectuarse por medio de diversas técnicas: pirólisis, hidrogenación, gasificación y tratamiento con disolvente. (Martínez, 2010:20)

3) Termoplásticos. Los termoplásticos son aquellos plásticos que se deforman con calor, se solidifican al enfriarse y se pueden volver a procesar posteriormente cuantas veces se quiera sin perder sus propiedades. Son consecuentemente plásticos reciclables. Por lo general no soportan temperaturas superiores a los 150°, excepto el teflón, por lo que se usa en recubrimientos de utensilios de cocina expuestos al fuego. Los polímeros se unen por fuerzas débiles que se rompen con el calor. (Francisco Tomás y Valiente, 2011:1)

4) Termoestables. Los plásticos conocidos como termoestables son aquellos que también se deforman por calor y presión en un proceso denominado curado. Sin embargo los polímeros se entrecruzan entre sí, dando un plástico más rígido y resistente al calor que los termoplásticos, pero al mismo tiempo más frágil. La unión tan entrelazada de los polímeros (como la red de un pescador) hace que no sean reciclables con el calor. Como ejemplos tenemos los fenoles (dispositivos eléctricos, botones, pomos, mangos, etc.), las aminas (adhesivos para contrachapados y tableros, cascos de barcos, etc.), las resinas de poliéster (con fibra de vidrio para paneles de barcos, etc.) y las resinas epoxi (revestimiento de latas de alimentos y bidones y como adhesivo). (Francisco Tomás y Valiente, 2011:1)

5) Elastómeros. La principal característica de los plásticos denominados elastómeros es que sus moléculas forman una red que puede contraerse y estirarse. No soportan bien el calor degradándose, por lo que no se pueden reciclar. Como ejemplos tenemos el caucho natural (ruedas, suelas, tubos flexibles, etc.), el caucho artificial (ruedas, suelas, tubos flexibles, etc.), el neopreno (correas, recubrimiento de cables, trajes de buceo, etc.), el poliuretano (como espuma para asientos, para prendas elásticas de vestir, mangueras, etc.) y las siliconas (prótesis, sellado de juntas, etc.). (Francisco Tomás y Valiente, 2011:1)

6) Madera plástica. En una investigación se realizaron varias pruebas de laboratorio para poder producir madera plástica a partir de polímeros provenientes de desechos y aserrín. La investigación y pruebas realizadas que si es factible la realización de este producto de madera plástica. Algo muy importante es que las pruebas a nivel de laboratorio se realizaron con material plástico de desecho sin lavar ni tratar, por lo que todos los resultados y pruebas podrían tender a mejorar sus propiedades físicas. (Cervantes, 2006:36)

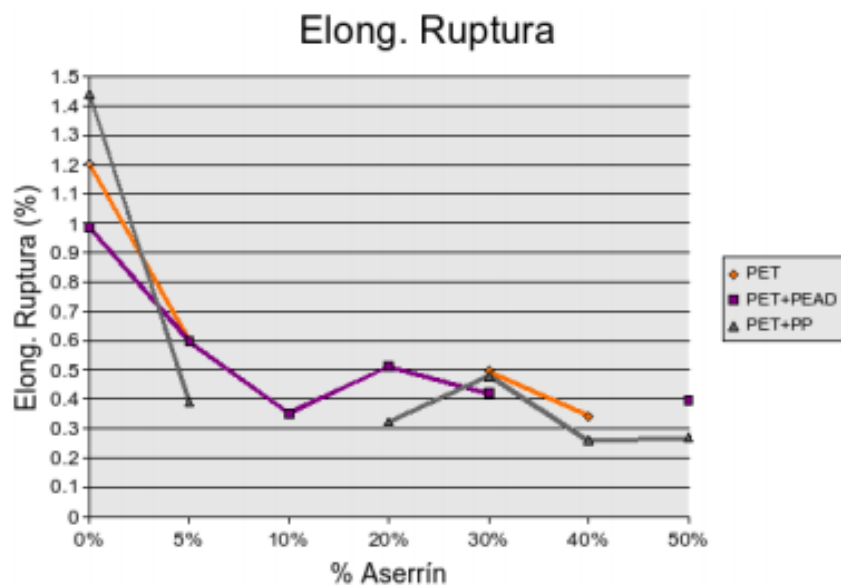
Figura No. 10 Muestra de porosidad de madera plástica con 10% de aserrín.



(Cervantes, 2006:36)

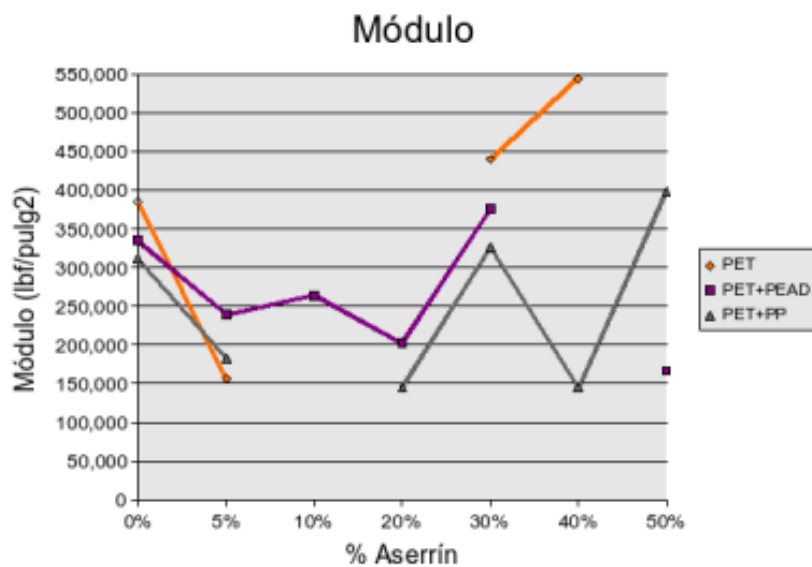
En los productos realizados a 10% de concentración de aserrín se notó una gran presencia de porosidad en el material. Para la concentración que se presentó menos porosidad fue para la mezcla de 30% de aserrín. Esta mezcla, de igual manera, fue la que presentó mejores propiedades físicas y de resistencia mecánica dentro de las pruebas realizadas a nivel de laboratorio. (Cervantes, 2006:36)

Figura No. 11 Elongación de madera plástica antes de la ruptura a diferentes composiciones de aserrín.



(Cervantes, 2006:28)

Figura No. 12 Módulos de tensión de madera plástica a diferentes composiciones de aserrín.



(Cervantes, 2006:30)

Como se puede apreciar en la Figura No.12 el módulo de tensión que soporta la madera plástica es más estable y llega a ser máxima exactamente por la composición de 30% de aserrín en la mezcla. (Cervantes, 2006:30)

C. Obra civil

1. Estudio topográfico. La topografía es la ciencia que estudia la posición relativa o absoluta de cualquier punto sobre la tierra a una escala determinada se realiza una representación gráfica sobre mediciones de un terreno que se desee conocer de una mejor manera. Para poder realizar un levantamiento topográfico, se debe tener un conocimiento de matemática e instrumentos utilizados para realizar mediciones. La topografía se relaciona de gran manera con dos ciencias en especial, las cuales son la geodesia y la cartografía. La geodesia tiene como objetivo determinar la forma y dimensiones de la tierra. La cartografía tiene como objetivo realizar la representación gráfica sobre un mapa de una parte específica de la tierra.

El equipo de instrumentos a utilizar en un levantamiento topográfico se puede clasificar en tres partes:

- Medición de ángulos: Se utiliza la brújula, el tránsito y el teodolito.
- Medición de distancias: Se utiliza la cinta métrica, el odómetro y el distanciómetro.
- Medición de pendientes: Se utiliza el nivel de mano, de riel, el fijo, basculante o automático.

La topografía ha evolucionado de gran manera con los avances tecnológicos. El equipo con mayor cambio es el teodolito, ya que se pueden encontrar varios estilos, los cuales aumentan su precio pero disminuyen drásticamente el tiempo y el personal necesario para poder realizar un levantamiento topográfico. Entre los tipos de teodolitos se pueden encontrar los teodolitos ópticos, electrónicos, estaciones semi totales, estaciones totales y los navegadores GPS. (Samaria, 2005)

2. Movimiento de tierras. Teniendo un levantamiento topográfico del área que se desea trabajar, se puede proseguir a realizar una transformación geométrica del terreno para lograr obtener la forma que se desee para poder construir la obra de ingeniería civil planeada. A esta transformación geométrica del suelo se le denomina movimiento de tierras. Ciertas modificaciones geométricas pueden ser muy simples y constar de simples modificaciones de alineamientos, otras pueden llegar a necesitar demoliciones. Es de suma importancia que se realice un estudio de suelos para conocer el terreno en el que se pretende trabajar y de esta manera poder planear que tipo de maquinaria se necesita utilizar.

En un movimiento de tierras se realizan cubicaciones o determinación de los volúmenes de tierra que se deseen modificar, excavar o rellenar. El objetivo de realizar estas cubicaciones es convertir los volúmenes de tierra a una geometría que se pueda medir fácilmente, ya sea por descomposición en partes o por integración en un modelo que lo contenga. Debido a esto, la tecnología ha sido de gran ayuda realizando modelos digitales donde por procesos de comparación, adición o sustracción de volúmenes se llega a conocer el volumen a modificar.

Existen tres métodos clásicos para realizar el cálculo de cubicaciones. Entre los métodos clásicos se encuentran: el método de perfiles consecutivos, curvas de nivel y momento polar.

3. Cimentaciones. Los cimientos son la parte más importante de una estructura y esta es la última en ser calculada debido a que tiene que ser capaz de soportar el peso completo de la estructura y sus reacciones a los múltiples esfuerzos a la que ésta pueda estar sometida. El cimiento tiene como objetivo transmitir los esfuerzos de la estructura al suelo y debido a esto es que se realiza la cimentación en función del terreno.

Las cimentaciones se pueden clasificar como:

- Cimentaciones superficiales
- Cimentaciones profundas
- Cimentaciones especiales

a. Cimentaciones superficiales. Las cimentaciones superficiales se enfocan en lo que está constituido por zapatas y losas de cimentación.

Una zapata puede ser realizada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencia a compresión medias o altas. Estas consisten en anchas planchas de concreto colocado debajo de las columnas de la estructura y empotrado en el terreno con la función de transmitir al terreno las tensiones a que está sometida la estructura y generar un anclaje.

Existen varios tipos de zapatas, entre los cuales se encuentran las zapatas aisladas, combinadas y corridas. Seleccionar el tipo de zapata depende del tipo de suelo que se tenga, los momentos flectores y la disponibilidad de área del terreno.

Las losas de cimentación son una plancha de concreto apoyada sobre el terreno repartiendo el peso y los esfuerzos de la estructura a través de toda la superficie de apoyo. Este tipo de cimentación se comporta muy bien en terrenos poco homogéneos que con otro tipo de cimentación podría tener asentamientos diferenciales. Esto sucede también en terrenos con muy poca capacidad de soportar las fuerzas aplicadas en él. Estas losas pueden ser de espesor constante o losas nervadas. (Gonzales, 2005)

b. Cimentaciones profundas. Las cimentaciones profundas se realizan cuando los esfuerzos transmitidos por la estructura no pueden ser suficientemente distribuidos al terreno con una cimentación superficial, lo que genera que se sobrepase la capacidad portante del suelo. Otras razones para utilizar cimentaciones profundas son grandes variaciones estacionales, asientos imprevisibles por estratos próximos al cimiento, estructuras sobre el agua, obras de ingeniería civil de gran altura los cuales necesitan grandes fuerzas de tracción debido a los esfuerzos que deben soportar, resistir grandes cargas inclinadas o para reforzar estructuras ya existentes.

Entre los distintos tipos de cimentaciones profundas se pueden encontrar los muros pantalla, sustitución, flotación y los más famosos pilotes.

Los muros pantalla son utilizados en estructuras de altura, funcionando como muros de contención. Este tipo de cimentación es utilizada en áreas urbanas donde no se cuenta con mucho espacio, así de esta manera se puede aprovechar mejor el espacio, también es utilizado para edificios con sótanos en predio entre medianeras, en parkings y a modo de barreras de contención de agua subterránea en túneles y carreteras.

Normalmente estos muros son reforzados por anclajes, los cuales son elementos de construcción utilizados para mantener la estabilidad en los muros debido a la profundidad en que se encuentran y el empuje generado por el suelo que los rodea.

La cimentación por sustitución se realiza excavando el terreno, donde el peso del suelo extraído será proporcional al peso de la estructura a construir.

La cimentación por flotación se realiza partiendo del principio de Arquímedes el cual menciona: "Todo cuerpo sumergido en un líquido estático experimenta un empuje vertical ascendente igual al peso del volumen del líquido desalojado". Gracias a este principio se debe tener mucho cuidado con este tipo de construcción y realizar la cimentación lo más impermeable posible calculando meticulosamente el empuje ascendente vertical del agua para evitar el hundimiento de la estructura al igual que un posible volteo.

La cimentación por medio de pilotes consiste en clavar grandes pilares del material a utilizar al terreno. La punta del pilote se clava en el terreno para asegurar el apoyo. Al momento de introducir el pilote completo, este se encuentra en contacto con el suelo a través de toda su área superficial creando una gran fuerza de fricción y adherencia, lo cual lo hace muy resistente y confiable.

Los pilotes son utilizados en construcciones en donde los estratos inmediatos a los cimientos generen asientos imprevistos y el suelo resistente se encuentre a gran profundidad, lo cual se observa en terrenos de baja calidad. Otras situaciones por las cuales se utilizan pilotes son por cambios extremos de temperatura por hinchamiento y retracciones producidos con arcillas expansivas. Cuando la estructura se encuentra sobre agua o con el manto freático muy cerca del nivel del suelo. (Gonzales, 2005)

D. Investigación social

El objetivo principal de una investigación social es encontrar los patrones que expliquen los procesos sociales. Esto permite obtener nuevos conocimientos en el ámbito social y estudiar una situación para poder diagnosticar las necesidades y problemas que se presentan en la sociedad. (Creswell, 2003)

Además el mismo autor sugiere que para llevar a cabo una investigación social es necesario realizar un proceso que involucra un conjunto de métodos, técnicas y procedimientos de captación de la información. Hay que plantear preguntas para poder obtener datos e información importante sobre el problema de estudio. (Creswell, 2003)

El planteamiento de las preguntas para hacer una investigación social puede abordarse por dos caminos el inductivo y el deductivo.

1. Método inductivo. El método inductivo consiste en sacar conclusiones generales de algo particular. Consta de cuatro etapas básicas; de la observación y registro de todos los hechos, análisis y clasificación, de la derivación general a partir de los hechos y la contrastación.

2. Método deductivo. El método deductivo consiste en un procedimiento que sigue el investigador para poder realizar una práctica científica. Es un proceso de pensamiento en el cual, de lo general se llega a lo específico, organizando los hechos conocidos para extraer conclusiones. Las conclusiones deductivas son inferencias hechas a partir de un conocimiento que ya existía. Consta de varios pasos claves, de la observación del fenómeno de estudio, de la creación de una hipótesis para explicar el fenómeno y de la verificación de los enunciados al compararlos con la experiencia.

3. Métodos de investigación cuantitativa y cualitativa. La investigación cualitativa es un proceso interpretativo de indagación basado en distintas tradiciones metodológicas, la biografía, la fenomenología, la teoría fundamentada en los datos, la etnografía y el estudio de casos, que examina un problema humano o social. Quien investiga construye una imagen compleja y holística, analiza palabras, presenta

detalladas perspectivas de los informes y conduce el estudio a una situación natural”. (Creswell, 2003)

La investigación cualitativa es multi-metódica, naturalista e interpretativa. Es decir que los investigadores cualitativos indagan en situaciones naturales, intentando dar sentido o interpretar los fenómenos en los términos del significado que las personas les otorgan. La investigación cualitativa abarca el estudio, uso y recolección de una variedad de materiales empíricos, estudio de caso y visuales, que describen los momentos habituales y problemáticos y los significados en la vida de los individuos”. (Denzin y Lincoln, 1994)

Los métodos cualitativos parten del supuesto básico de que el mundo social está construido de significados y símbolos. De ahí que la intersubjetividad sea una pieza clave de la investigación cualitativa y punto de partida para captar reflexivamente los significados sociales (Levano, 2012)

Figura No. 13 Métodos de investigación cualitativa.



Adaptación de J. Cordero basado en *Introducción Cualitativa* de Carmen María Galo de Lara

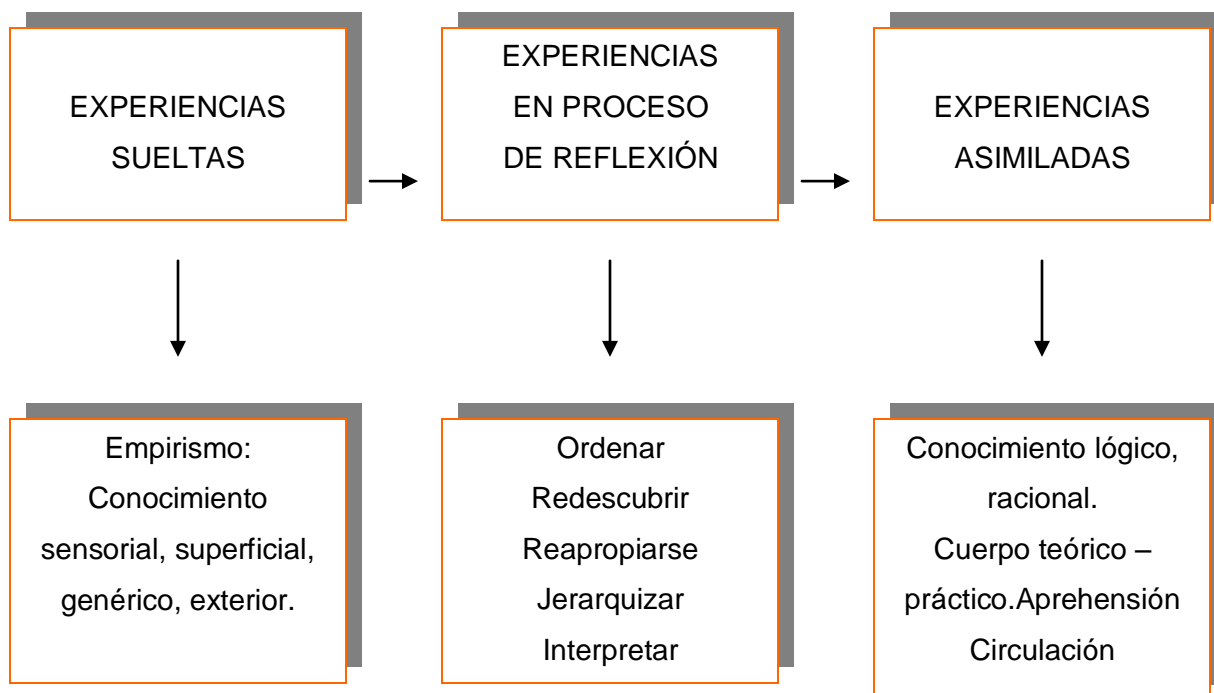
E. Sistematización

Se define como un proceso de interlocución entre las personas, donde se plantean construcciones culturales. Interesa de igual forma el proceso como el producto. Surge por la necesidad de conocer, dar a conocer y cualificar las prácticas. Todo ello tiene como utilidad el generar conocimientos, retroalimentar y empoderar a las personas. (Botero, 2001)

Hoy día hay consenso en la necesaria conexión de la sistematización con la investigación social. En efecto, la sistematización más que entenderse como una alternativa que rechaza o niega la investigación define una modalidad particular de investigación cuyo objeto es la acción social. Su preocupación es dar cuenta y describir esta acción y la reflexión que los sujetos hacen a partir de la práctica.

En esta relación con la investigación, ha existido un acercamiento fructífero con los paradigmas interpretativos y de tipo etnográfico. Aquí se han encontrado conceptos y categorías para la descripción e interpretación de las intervenciones sociales y de sus efectos. (Martinic, 2012)

Sistematizar es un proceso de conocimiento que no sólo reconstruye y ordena la experiencia en forma integradora, sino que también la interpreta. La sistematización no es una evaluación, es una forma de investigación diferente a la investigación clásica, se asemeja mucho más a la investigación acción y a la investigación participante, ya que el punto de partida es la práctica y permite rescatar la experiencia por sus propios actores, en los respectivos niveles en donde ellos han realizado dicha práctica. Es rescatar, redescubrir, ordenar, interpretar nuestras experiencias. (Martinic, 2012)

Figura No. 14 El proceso de sistematización.

Fuente: Luz Dary Ruiz Botero en la *sistematización de las prácticas*.

Tabla No. 10: Métodos propuestos para la sistematización.

Punto de partida	Preguntas iniciales	Recuperación del proceso vivido	Reflexión de fondo	Puntos de llegada
<ul style="list-style-type: none"> -Haber participado en la experiencia -Tener registros de la experiencia 	Definir el objetivo: ¿Para qué queremos sistematizar? Delimitar el objeto a sistematizar: -¿Qué experiencias queremos sistematizar? Precisar un eje de sistematización: -¿Qué aspectos centrales de esas experiencias nos interesa sistematizar?	<ul style="list-style-type: none"> Reconstruir la historia Ordenar y clasificar la información 	<ul style="list-style-type: none"> ¿Por qué pasó lo que pasó? Analizar, sintetizar e interpretar críticamente el proceso. 	<ul style="list-style-type: none"> Formular conclusiones. Comunicar los aprendizajes

Fuente: Luz Dary Ruiz Botero en la *sistematización de las prácticas*.

F. Planta de alimentos.

1. Los contenedores de residuos

- Los contenedores que se usen para residuos estarán provistos de tapas y se encontrarán debidamente identificados. En cada bote de residuos, un operario provisto de equipo necesario, le colocará una bolsa de residuos en su interior y la tapa. Al terminar esta operación descartará los guantes y procederá a lavarse y desinfectarse profundamente manos y antebrazos. (Jiménez, 2001)
- En ningún caso los residuos desbordarán al contenedor y cuando se llenen un operador procederá a colocarse el equipo, abrirá la tapa, cerrará la bolsa, colocará una nueva, cerrará nuevamente la tapa y procederá a llenar la papelería, así darle trazabilidad y el adecuado tratamiento. (Jiménez, 2001)
- Las bolsas de residuos sin uso deberán depositarse sin que tomen contacto con los alimentos. Residuos derivados de envases, flejes, rótulos, etc. (Jiménez, 2000)
- A la Planta deben ingresar la menor cantidad de residuos o elementos generadores de residuos. Si es posible evite que los contenedores (cajas de cartón corrugado, cajones de madera, etc.), papeles, flejes, etc. transpongan el área de Admisión o Recepción, ya que con posterioridad serán devueltos como residuos. (Martínez, 2004)
- A la planta deben ingresar la menor cantidad de materias primas, productos o insumos que se encuentren sucios o contaminados. Si es posible evite que se depositen en el área de Admisión o Recepción materias primas, productos o insumos que se encuentren sucios; si no fuese posible, lave los envases o las materias primas antes que ingresen al sector de elaboración. (Martínez, 2004)
- Evitar el ingreso de envases cuaternarios, terciarios o secundarios originales, manteniendo únicamente los envases primarios.
- Utilizar contenedores plásticos limpios e identificados para ingresar las materias primas. (Martínez, 2004)

- Los envases o rótulos no deben ingresar al área de elaboración, salvo que se corra riesgo de perder la identificación de las materias primas. (Martínez, 2004)
- En el caso que estos elementos deban ingresar al área de elaboración evite todo contacto directo con las materias primas o con superficies de contacto (mesadas, equipos, etc.). (Martínez, 2004)
- Traslade y elimine los residuos en forma coordinada evitando su movimiento durante la elaboración de los alimentos y entrecruzamientos entre residuos y alimento. (Martínez, 2004)

2. Residuos derivados del proceso de alimentos

- A la planta o cocina industrial, como se ha dicho, debe ingresar la menor cantidad de materias primas o productos que generen residuos por clasificación, lavado, procesos de elaboración o rebanado. Si es posible evite que accedan al área de Admisión o Recepción las materias primas, productos o insumos que deban clasificarse o descartarse parcialmente. (Mallia, 1997)
- Adquiera, en lo posible, productos cuyos procesos sucios o de limpieza ya hayan sido realizados; si no fuese posible clasifique, descarte, lave, desinfecte y almacene las materias primas antes que ingresen al sector de elaboración. (Martínez, 2004)
- Si el traslado debe realizarse mediante contenedores, los mismos deben tener tapa, trasladar y eliminar los residuos en forma coordinada evitando su movimiento durante la elaboración de los alimentos y entrecruzamientos entre los residuos y los alimentos. (Mallia, 1997)
- En el contenedor de toallas de papeles desechables del lavamanos sanitario no utiliza tapa para evitar el contacto con las manos recién lavadas y desinfectadas. En estos contenedores no se depositarán otros residuos que no sean las toallas de papel desechables. (Mallia, 1997)
- Evite todo contacto de los residuos directo o indirecto con las materias primas o con superficies de contacto (mesas, equipos, etc.) y en tal caso, proceda con los procedimientos de limpieza y desinfección. (Mallia, 1997)

- En lo posible procese todos los recortes u otros derivados de las materias primas para evitar el manejo de grandes de volumen de residuos orgánicos. (Mallia, 1997)
- Los aceites residuales derivados de elaboración de alimentos deberán colocarse en recipientes fuera del establecimiento, evitando su reutilización o su eliminación a través de los canales de efluentes y la contaminación del medio ambiente. (Martínez, 2004)
- Las grasas residuales de la elaboración de alimentos en ningún caso deberán eliminarse a través de los canales de efluentes., debiendo, cuando se realiza la limpieza de asaderas, etc. retirarla con espátula o elemento similar y colocarla en depósitos especiales, evitando la contaminación del medio ambiente. (Mallia, 1997)
- En general, todos los residuos sólidos no deben eliminarse por los drenajes sino mediante tanques de residuos. (Mallia, 1997)

3. Salida de planta

- Evite depósitos de residuos fuera de la Planta. Los contenedores con tapa deberían ubicarse en un sector de la Planta directamente vinculada al exterior de ésta.
- No colocar los contenedores en áreas relacionadas a la circulación de materias primas, productos o personal y, si fuera imposible por razones estructurales, evite todo contacto directo de los residuos con los alimentos o el personal, retirándolos en horarios distintos y después de ello, lavando y desinfectando el lugar. (Mallia, 1997)

4. Personal de manejo de residuos

- El personal que realice el manejo de los desechos deberá portar indumentaria diferente a la del personal de manipulación de alimentos. En cualquier caso, el personal que retire los residuos utilizará equipos y procedimientos adecuados a cada área. (Martínez, 2004)

- El personal que realice el manejo de los desechos deberá circular lo mínimo indispensable para cumplir con su función de retirar los residuos en sectores donde se procese alimentos
- El personal que realice el manejo de los desechos deberá transitará fuera de los horarios de elaboración de alimentos. (Mallia, 1997)

5. Retiro de residuos al exterior de planta

- Cuando los residuos se tiren directamente en grandes contenedores estos serán retirados con vehículos; y el personal que intervenga en esta tarea, será el correspondiente a la parte de la empresa encargada del manejo de desechos fuera de las plantas, quien en ningún caso podrá acceder a las áreas de elaboración, envasado y afines. (Mallia, 1997)

III. ANTECEDENTES

Instalado desde 1983 en Escuintla, el Ingenio Magdalena, S.A. es el ingenio azucarero más grande de Guatemala en lo que respecta a producción de azúcar por zafra, que además de procesar caña de azúcar entre sus operaciones incluye la obtención de alcohol a partir de la melaza y la cogeneración a partir del bagazo. En la zafra del año 2009 - 2010 produjo 5×10^8 kg de azúcar, y ésta producción se proyecta que incrementará en las próximas zafras. (IMSA, 2012)

Las principales áreas de la empresa se indican en la Tabla No. 1, algunas de las cuales son involucradas en el presente megaproyecto.

Visión:

«Ser un grupo agroindustrial que se distinga por su mejora continua que por medio de la innovación y diversificación de productos garantice crecimiento y rentabilidad sostenibles para sus accionistas y colaboradores, a través del desarrollo de nuestro personal y tecnología, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.» (IMSA, 2012)

Misión:

«Somos una empresa agroindustrial líder, que a través de la eficiencia, rentabilidad, crecimiento, diversificación de nuestras actividades y creación de fuentes de trabajo, satisfacemos las necesidades de nuestros clientes con productos de calidad.» (IMSA, 2012)

Los valores de la empresa son: responsabilidad, integridad, pasión, servicio e innovación. Su política de gestión implica lograr la satisfacción de sus clientes incluyendo la mejora continua de sus capacidades humanas y tecnológicas y el desarrollo del entorno social y ambiental de la empresa, entre otros factores, estos son la base para la rentabilidad y sostenibilidad del negocio. (IMSA, 2012)

Luego de la iniciativa de iniciar un Programa de Manejo de Desechos, determinaron que la política de éste es:

«Minimizar el impacto de la operación al entorno natural, y modelar una conducta del cuidado y desarrollo medioambiental y social por medio de un manejo adecuado de los desechos que se generan de la operación. » (IMSA, 2012)

Tabla No. 11: Áreas del Ingenio Magdalena, S.A.

Área	Descripción
400	Oficinas administrativas
Magalcoholes	Destilería
Biofábrica	Desarrollo de la caña de azúcar para su posterior siembra
Cuadra (Seguridad)	Área de vivienda del personal de seguridad
Escuelita	Escuelita dentro del ingenio
Fábrica	Área de procesamiento de la caña de azúcar hasta la producción de azúcar
Bodega	Bodega central
La Montañita	Área de hotel, con un
Cocina Industrial	Planta industrial de alimentos
Magrisa	Taller industrial de reparación
Obra Civil	Área de coordinación de construcción de infraestructura
Módulo San Patricio	Módulo habitacional de cortadores dentro del área del ingenio
Cooperativa	Área de preparación y distribución de alimentos realizado por un tercero (ajeno al ingenio)

Actualmente el ingenio tiene baterías con recipientes con clasificaciones de plástico y latas, vidrio, papel y cartón, duroport, wipe, orgánico, chatarra y basura en la mayor parte de las instalaciones del ingenio. El control de las baterías y contenedores es mayor en el área de Fábrica y Magrisa.

Desde el período de reparación 2011-2012 han llevado registros de su generación de desechos de acuerdo a la fecha de generación y área de generación. Dichos registros se resumen en las siguientes tablas y figuras. Los registros de la reparación 2011-2012 comprenden de julio a inicios de noviembre del año 2011, de zafra 2011-2012 de noviembre del 2011 a inicios de mayo del 2012 y de reparación 2012-2013 de mayo del 2012 a mediados de octubre del 2012.

A manera de aclaración, se resalta el hecho que los cálculos fueron realizados utilizando las dimensionales y medidas establecidas por el Sistema Internacional, pero en el presente trabajo, existen algunos registros y gráficas cuyas medidas están dadas en libras. Esto se debió a que dentro del ingenio, estas eran las utilizadas.

Tabla No. 12: Cantidad de desechos orgánicos (procesados y no procesados) promedio producidos diariamente por tipo de desecho, con su respectivo máximo, mínimo y porcentaje representativo.

Período	Tipo	Descripción	DIARIO PROMEDIO POR DESECHO					
			Máximo {kg}	Mínimo {kg}	Promedio {kg}		%	%
Reparación 2011-2012	P	Comida procesada	917.62	27.22	187.98	± 106.64	66.62	66.62
	NP	No consumido	196.41	0.00	23.25	± 28.13	8.24	33.38
		Residuo	294.83	0.00	70.95	± 54.82	25.14	
Zafra 2011-2012	P	Comida procesada	2,574	5.90	512.17	± 366.78	84.96	84.96
	NP	No consumido	834.61	0.00	24.67	± 95.97	4.09	15.04
		Residuo	282.59	0.00	65.98	± 114.79	10.94	
Reparación 2012-2013	P	Comida procesada	696.72	11.34	251.44	± 147.09	69.73	69.73
	NP	No consumido	124.74	0.00	4.22	± 13.55	1.17	30.27
		Residuo	472.64	0.00	104.94	± 80.27	29.10	

Tabla No. 13: Cantidad de desechos orgánicos totales promedio producidos diariamente, con su producción máxima y mínima por período.

Período	Máximo {kg}	Mínimo {kg}	Promedio {kg}
Reparación 2011-2012	917.62	29.48	282.17 ± 141.74
Zafra 2011-2012	2,653.97	32.21	602.82 ± 391.99
Reparación 2012-2013	985.20	0	328.99 ± 201.88

Tabla No. 14: Cantidad total de desechos orgánicos producidos por período, de acuerdo a su clasificación de procesados y no procesados y su porcentaje total.

Período	Tipo	Descripción	TOTAL POR PERÍODO		
			Cantidad {kg}	Porcentaje	Porcentaje
Reparación 2011-2012	P	Comida Procesada	23,873.02	66.62%	66.62%
	NP	No consumido	2,952.89	8.24%	33.38%
		Residuo	9,010.16	25.14%	
		Total	35,836.07		
Zafra 2011-2012	P	Comida Procesada	95,849.07	82.40%	82.40%
	NP	No consumido	5,434.89	4.67%	17.60%
		Residuo	15,038.93	12.93%	
		Total	116,323.89		
Reparación 2012-2013	P	Comida Procesada	33,944.56	75.87%	75.87%
	NP	No consumido	409.14	0.91%	24.13%
		Residuo	10,388.63	23.22%	
		Total	44,742.33		

Figura No. 15 Tipo de desecho generado por área, del 15/02/2011 al 27/01/2012.

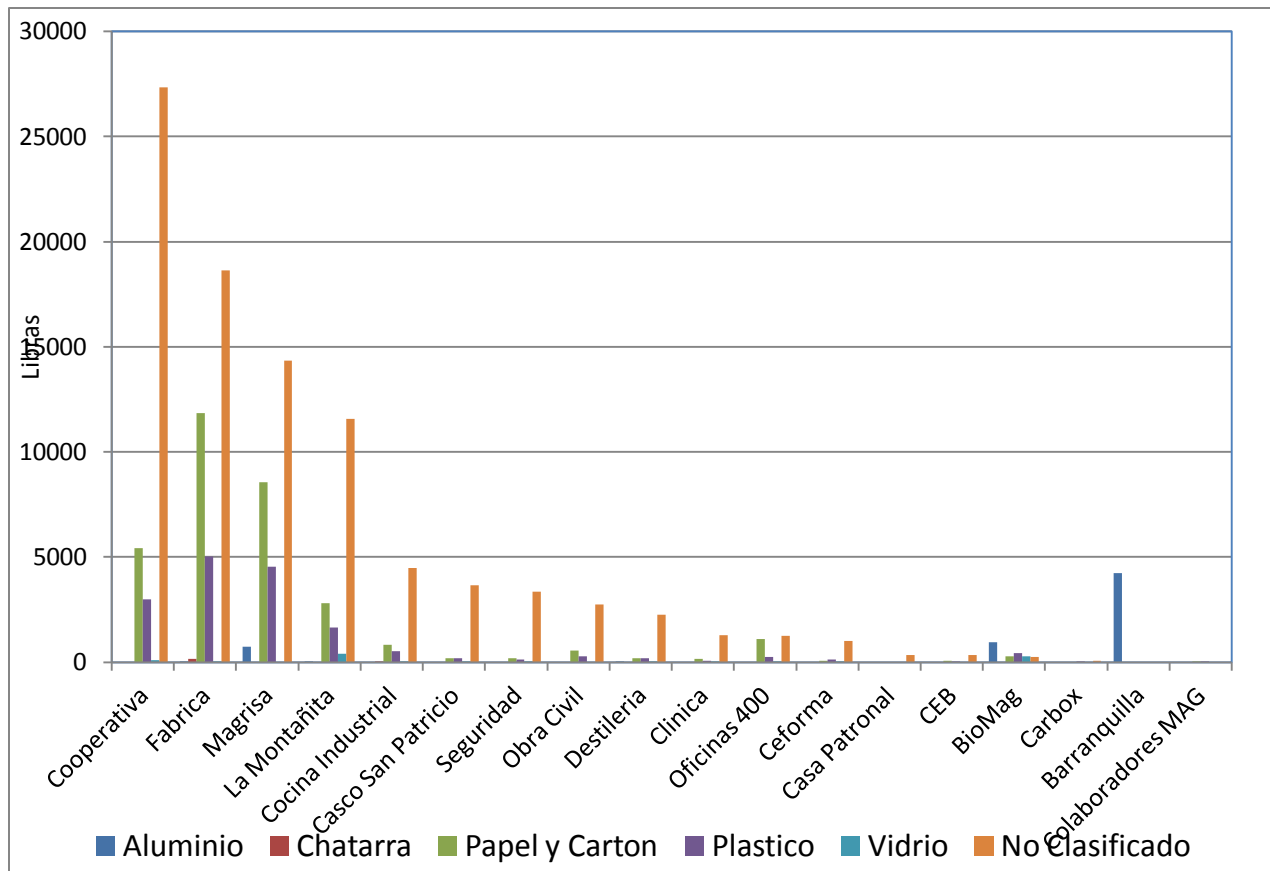
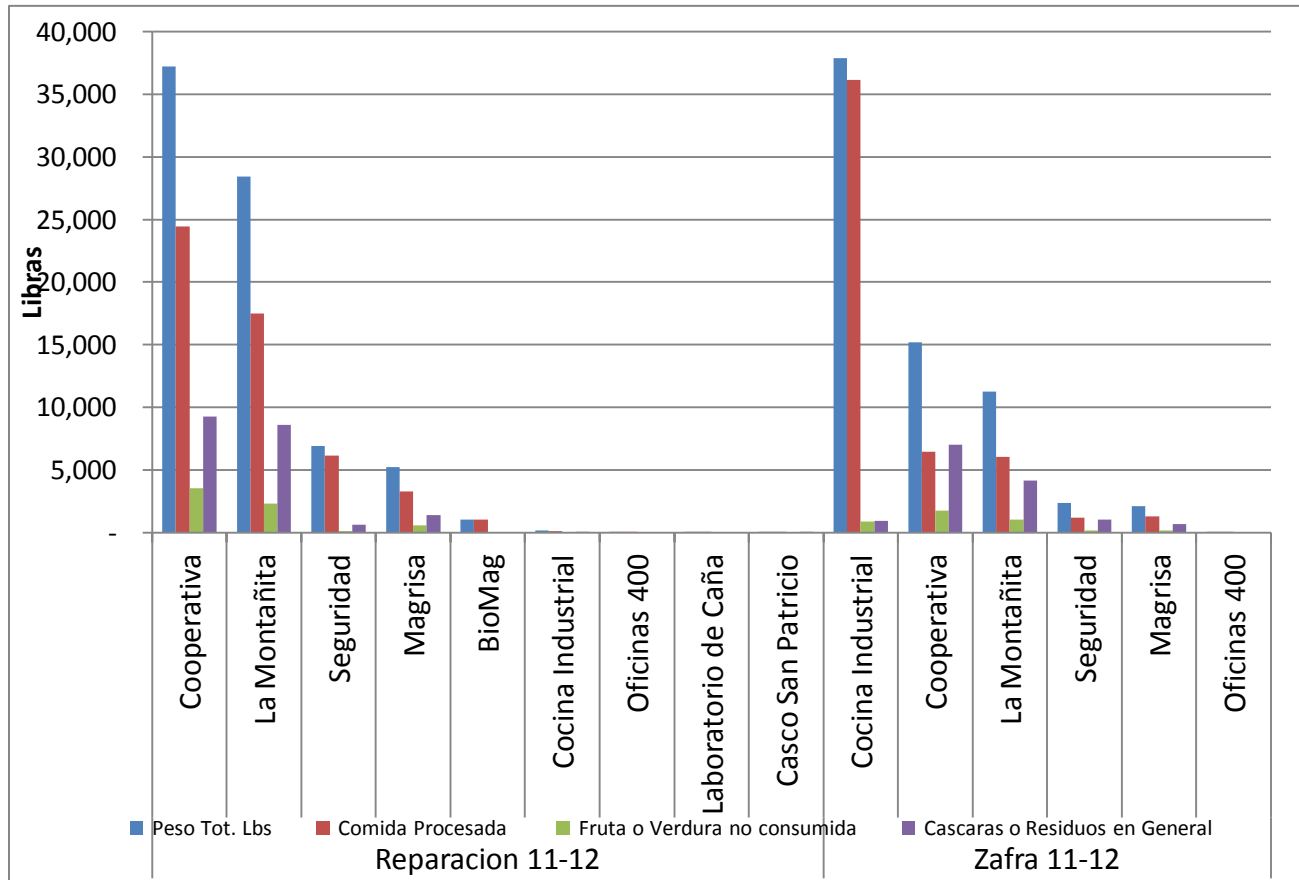


Figura No. 16 Resumen general de residuos orgánicos recibidos del 5/7/2011 al 26/1/2012, en épocas de reparación y zafra 2011-2012 por área de generación.



IV. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, el Ingenio Magdalena, S.A. realiza un manejo deficiente de los desechos sólidos que genera por su operación diaria. La operación del ingenio consta de un período de zafra (producción) y uno de mantenimiento y reparación, que se diferencian por la cantidad y el tipo de desechos producidos. Anualmente generan aproximadamente 422.55 toneladas de desechos orgánicos, 158.41 toneladas de desechos no clasificados, 34.61 toneladas de papel, 22.51 toneladas de vidrio, y 9.79 toneladas de plástico. Durante el período de zafra, se cuenta con un promedio de 16,000 empleados pertenecientes a diversos estratos sociales y designados para diferentes trabajos. Cada uno de ellos se considera como un generador potencial de desechos. A pesar que se están haciendo esfuerzos para establecer un Programa de Manejo de Desechos, éste no está implementado en todas las áreas del ingenio. Una de las dificultades que ha tenido la implementación este programa es la falta de conciencia y capacitación por parte de las jefaturas y los usuarios de las instalaciones, así como la constante rotación de empleados. Es por esto que es necesario diseñar un programa integrado de Manejo de Desechos Sólidos, de tal manera que se acople a todas las áreas de operación, como uno de los pasos iniciales para el establecimiento del Sistema de Gestión Ambiental dentro de la empresa.

El ingenio, como iniciativa propia para mitigar su impacto ambiental, estructuró un sistema de codificación, separación, recolección, reciclaje y disposición final en un vertedero y pilas de compostaje. Sin embargo, cada una de estas actividades presenta un alto potencial de mejoras y se pueden ajustar para reducir la cantidad de desechos generados y los costos que estos implican.

V. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Diseñar un programa de manejo de desechos sólidos aplicado a un ingenio azucarero en Guatemala abarcando las áreas de campo, producción de azúcar, cogeneración, producción de alcohol, taller de mantenimiento de vehículos y maquinaria, área domiciliar, cocina industrial y administración.

B. Objetivos específicos

1. Establecer un procedimiento que contribuya a la reducción de la cantidad de desechos generados a través de la gestión de las compras y la recepción en bodega central.
2. Elaborar un procedimiento para estandarizar la implementación de baterías de recipientes y contenedores para depositar los desechos sólidos del ingenio.
3. Diseñar y analizar las auditorías de los contenedores de acopio para determinar la cantidad de desechos generados por área del ingenio para hacer posteriormente el dimensionamiento del centro de acopio.
4. Elaborar un procedimiento para adecuar el Programa de Manejo de Desechos Sólidos al área de producción de azúcar y energía eléctrica del ingenio (Fábrica).
5. Elaborar un procedimiento para adecuar el Programa de Manejo de Desechos Sólidos al área de producción de etanol (Magalcoholes).
6. Proponer un sistema de manejo de desechos sólidos, dentro y fuera de la cocina industrial del ingenio.
7. Establecer procedimientos y método inocuos, que se apeguen a las normas ISO 22000, 9001 y 14001 en la cocina industrial del ingenio.

8. Establecer rutas de evacuación de los desechos sólidos, respetando los tiempos críticos de producción de alimentos en base a la producción y tiempos de saneamiento en la cocina industrial del ingenio.
9. Diseñar un programa consolidado de manejo de desechos sólidos, que considere la operación de los módulos habitacionales del ingenio azucarero.
10. Establecer los lineamientos para la realización de la auditoría de las baterías de recolección de de desechos sólidos del ingenio.
11. Definir los tipos y volumen de desechos sólidos generados por día en cada área funcional del ingenio.
12. Definir el método adecuado de recolección de materiales, estableciendo el número de recipientes de reciclaje y su ubicación dentro del ingenio.
13. Definir una ubicación adecuada para la realización de un centro de acopio capaz de almacenar, clasificar y distribuir los desechos sólidos generados en el ingenio, cumpliendo con los tiempos de recorridos determinados.
14. Realizar una propuesta de diseño de un centro de acopio capaz de almacenar los desechos generados en el ingenio, teniendo en cuenta el fácil acceso y comodidad necesaria para el tránsito de camiones recolectores a utilizar.
15. Realizar el cálculo de las fuerzas a resistir por un marco estructural para un centro de acopio localizado en Guatemala y generar una propuesta de un diseño adecuado para resistir dichas fuerzas.
16. Proponer la mejor combinación de materiales y secciones a utilizar en la construcción de un centro de acopio capaz de almacenar los desechos generados por el ingenio y de la misma manera soportar las diferentes fuerzas generadas sobre el mismo.

17. Calcular las áreas necesarias para realizar una clasificación adecuada e instalación de la maquinaria necesaria para clasificar los residuos sólidos que lleguen al Centro de Acopio y que se separen para reciclaje, almacenaje, venta, relleno sanitario y compostaje.
18. Establecer la logística de manejo de los diferentes tipos de desechos sólidos que tienen como destino el Centro de Acopio.
19. Determinar las rutas de recolección y transporte de cada recipiente hacia el Centro de Acopio del ingenio.
20. Realizar un análisis financiero de las propuestas presentadas para la ruta de recolección y transporte del Centro de Acopio y su respectivo tiempo de retorno.
21. Analizar los métodos existentes para la valorización de componentes de los aceites de fusel con potencial para la manufactura de otros productos, principalmente en el aprovechamiento que se le pueda dar en su reutilización.
22. Identificar los componentes de los aceites de fusel generados en la planta de alcoholes del ingenio.
23. Proponer la metodología para la obtención de compuestos base para productos de alto valor en el mercado.
24. Comprobar la factibilidad técnica de utilizar los desechos sólidos orgánicos de alimentos disponibles en el ingenio como sustrato para la producción de biogás.
25. Diseñar y montar un sistema experimental a nivel laboratorio para la producción de biogás a partir de los desechos sólidos orgánicos de alimentos generados en el ingenio y en base a los resultados realizar un estudio económico de una planta piloto a instalar en el ingenio.
26. Determinar la presencia de metano en la generación de biogás producido a partir de los desechos sólidos orgánicos de alimentos del ingenio, producto de la fermentación anaerobia.

27. Diseñar un biodigestor a nivel planta piloto para producir biogás a partir de los desechos sólidos orgánicos de alimentos generados en las cocinas y comedores del ingenio.
28. Proponer una solución técnica y económicamente viable para usar los desechos termoplásticos, obteniendo el mayor beneficio posible, ya sea por consumo interno o por venta.
29. Implementar una prueba piloto para el tratamiento de desechos sólidos por medio de compostaje en el ingenio.
30. Clasificar los residuos del ingenio por su posibilidad de uso para compost.
31. Seleccionar materiales que se necesitan para complementar los sustratos para la producción de compost.
32. Diseñar el tratamiento piloto en forma de compostaje para los residuos orgánicos del Ingenio por dos vías: mecánica y natural.
33. Implementar las dos variantes en terrenos de la UVG y mantener las condiciones de operación y evaluar los resultados de ambas variantes.
34. Determinar cual de los dos métodos de compostaje es el más viable a utilizar en el Ingenio, comparando su tiempo de producción y nutrientes presentes.
35. Realizar el análisis económico para la implementación y control de las pilas de compost en el Ingenio.
36. Realizar un procedimiento operativo para la implementación del compostaje como medio de tratamiento de los residuales del ingenio en condiciones reales.
37. Crear un manual y planificación de la capacitación del personal para la aplicación del programa de desechos en el cual se encuentren incluidos la clasificación, separación, contenedores, transporte y disposición final como temas realizados

38. Determinar el volumen diario o semanal de desechos según clasificación para dimensionar los contenedores y el transporte hacia el relleno sanitario. Para lograr agilizar el transporte así como la fabricación eficiente de éste último para el traslado de desechos.
39. Con la correcta separación de desechos, calcular el ingreso al PMD por el concepto de venta a recicladores y poder justificar así la inversión en transporte.
40. Enriquecer planes de educación ambiental dirigidos a diversos públicos objetivos del ingenio (colaboradores fijos y migrantes) a través del diseño e implementación de material didáctico lúdico relacionado al tema.
41. Establecer reuniones periódicas para brindar una asesoría técnica al PMDS para que comuniquen de manera efectiva y eficaz el sistema de gestión ambiental a los empleados de la institución.
42. Colaborar en el fortalecimiento del sistema de gestión de residuos sólidos, proporcionando técnicas ambientalmente adecuadas, basadas en el principio de las tres "R"s para reducir, reciclar y reusar los materiales de desechos sólidos que produce el Ingenio.

VI. DELIMITACIÓN E IMPACTO DEL TEMA

El presente Megaproyecto tuvo como objetivo principal diseñar un Programa de Manejo de Desechos Sólidos (PMD) que se pudiera aplicar a un ingenio azucarero guatemalteco, por lo que los desechos líquidos y gaseosos no fueron objeto de estudio. El tiempo de estudio fue desde julio del año 2011 hasta septiembre del año 2012, que incluyó una parte del período de reparación 2011-2012, el período de zafra 2011-2012 y el período de reparación 2012-2013. Estos fueron analizados debido a los distintos patrones de generación de desechos sólidos entre períodos.

La información utilizada para diseñar el PMD fue obtenida de Ingenio Magdalena, S.A. (IMSA), ubicado en el km. 99.5, Carretera a Sipacate, La Democracia, Escuintla. Aunque, en principio, el PMD diseñado es aplicable a cualquier ingenio azucarero debido a que tienen el mismo tipo de operación y por lo tanto generan los mismos tipos de desechos, el tamaño del ingenio se consideró un factor importante, ya que el equipo, estructuras y cantidad de empleados tienen diferentes dimensiones en ingenios de diferente tamaño. No obstante, se puede utilizar la misma metodología mostrada en este trabajo, sustituyendo los datos obtenidos en IMSA por los datos de otro ingenio azucarero.

Los tipos de desechos para los que se realizó un análisis para su aprovechamiento alternativo fueron los orgánicos y los plásticos. Además se estableció la logística de recolección de todos los desechos y su posible forma de disposición final, incluyendo reutilización, reciclaje, relleno sanitario o incineración. Los desechos de reactivos químicos generados en el ingenio no fueron tomados en cuenta en el diseño del programa.

El tema de estudio se eligió debido al gran impacto ambiental, social y económico que representa esta industria en Guatemala. El manejo inadecuado de los desechos sólidos tiene como consecuencia la contaminación del ambiente circundante e indirectamente incentiva el desperdicio de los recursos disponibles, disminuye la calidad de vida de la población adyacente, e implica un costo significativo a las empresas.

VII. METODOLOGÍA

A. Etapa preliminar

1. **Visitas de campo.** Se realizaron diversas visitas a Ingenio Magdalena, S.A. entre enero y septiembre de 2012 para observar sus actividades, determinar los problemas existentes con respecto a los desechos sólidos y recolectar información.

2. **Búsqueda en la literatura.** Se buscó en la literatura sobre los fundamentos del manejo integral de desechos sólidos y los posibles tratamientos y formas de disposición de los mismos.

B. Etapa de desarrollo

1. **Elaboración del procedimiento general de baterías y contenedores**

- a. Agrupación de desechos: Se escogieron distintos diseños de contenedores para agrupar los desechos sólidos en las diferentes áreas del ingenio de acuerdo a los tipos de desechos generados y al tipo de operación del área en particular.
- b. Codificación de contenedores: Se estableció una forma de codificar los contenedores que albergan los desechos sólidos para su fácil identificación y control para las auditorías.
- c. Aspecto visual de los contenedores: Se determinaron los detalles visuales que deben llevar los contenedores para su fácil identificación, como: rótulo, código y color.
- d. Recolección: Se estableció de forma general la manera adecuada para recolectar los desechos sólidos de los contenedores, así como la frecuencia, cobertura, equipo de seguridad y mantenimiento.
- e. Control: Se determinó la forma en la que se debe llevar el control del cumplimiento de los lineamientos para la logística de manejo y recolección de desecho sólidos. Se evaluó la implementación de auditorías, supervisores y sanciones.

- f. Elaboración de procedimiento: Se elaboró un procedimiento en el que quedaron documentados los pasos anteriores.

2. Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en las distintas áreas del ingenio

- a. Selección de los tipos de contenedores: Se definió el tipo de contenedor que se utiliza para agrupar los desechos sólidos, lo cual dependió del tipo de desechos generados y del tipo de operación del área.
- b. Ubicación de recipientes y contenedores: Se estableció cómo documentar la ubicación de los recipientes y contenedores en las diferentes áreas del ingenio.
- c. Asignación de recolectores: Se determinó la cantidad de personas destinadas a la recolección de los desechos sólidos y se estableció el documento para designar los contenedores a los que pertenecen las baterías.
- d. Recolección: Se especificó la forma en que se deben recolectar los desechos sólidos en el área, complementando la logística de recolección general del ingenio.
- e. Control: Se determinó la forma en la que se debe llevar el control del cumplimiento de los lineamientos para la logística de manejo y recolección de desecho sólidos en el área en particular.
- f. Elaboración de procedimiento: Se elaboró un procedimiento en el que quedaron documentados los pasos anteriores.

3. Auditorías

a. Realización de auditoría del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

- 1) Se realizó una auditoría del 1 al 31 de enero de 2012 para encontrar problemas existentes en el Programa de Manejo de Desechos Sólidos.
- 2) Se registró el peso diario de los desechos generados en las áreas bajo estudio, limitándose a los desechos de papel, cartón, vidrio, plástico, latas, orgánico y no clasificados.

- 3) Se realizó una gráfica para el análisis del peso diario de desechos recolectados por tipo de desecho y área de generación.
- 4) Se midió la densidad de los diferentes tipos de desechos sólidos de la siguiente forma: a) se tomaron muestras de los desechos, se preparó un recipiente y una balanza con capacidad máxima de 1000lb, se pesó el recipiente vacío y se calculó su volumen, se introdujo un tipo de desecho al recipiente sin hacer presión y llenando los espacios vacíos, se pesó el recipiente con desechos, se repitió para los otros tipos de desechos, se obtuvo la densidad de los desechos. Cada prueba se realizó en triplicado.
- 5) Se calculó el volumen diario por tipo de desecho por medio de la densidad.
- 6) Se localizó cada batería mediante una búsqueda empírica y se determinó su posición exacta por medio de un sistema global de posicionamiento (GPS).

b. Establecimiento de auditoría de baterías y contenedores de acopio

- 1) Se analizaron los resultados previos de una auditoría externa.
- 2) Se propuso un formato de auditoría de baterías y contenedores tomando en cuenta los principios generales de una auditoría de la norma ISO 19011:2002.

4. Centro de acopio

a. Diseño del Centro de Acopio para los desechos sólidos

- 1) Determinación de problemas: Se realizaron visitas a un ingenio azucarero con el propósito de observar los procesos que se realizan y observar todos los problemas que están relacionados con el manejo de desechos, su recolección y su almacenamiento. Se realizaron reuniones para discutir las mejoras posibles de realizar de acuerdo con el ingenio.
- 2) Determinación de una ubicación adecuada para un centro de acopio: Se observó el recorrido que tienen los camiones encargados de recolectar los desechos sólidos y áreas disponibles dentro del

ingenio azucarero para lograr determinar el área ideal donde realizar la construcción de un centro de acopio.

- 3) Realización de una propuesta de un diseño apropiado para un centro de acopio capaz de almacenar los desechos sólidos producidos por un ingenio azucarero en Guatemala: Se comentó con el ingenio azucarero y el resto de compañeros involucrados dentro del megaproyecto sobre las necesidades que se puedan tener para el diseño del centro de acopio y así lograr una construcción optima que cumpla con todos los requisitos posible.
- 4) Cálculo de las fuerzas a soportar por un centro de acopio localizado en Guatemala: Se realizaron distintos combos de fuerzas que puedan afectar a un centro de acopio, partiendo de la localización en que se encuentre, tomando en cuenta la fuerza de viento, carga muerta, carga viva, fuerzas sísmicas y cargas adicionales dependiendo del uso y maquinaria a utilizar.
- 5) Determinación de los materiales y secciones adecuadas para la construcción de un centro de acopio: Se realizó una propuesta del diseño del centro de acopio en SAP2000 para lograr asignar las secciones y materiales convenientes en la estructura, teniendo en cuenta la variación de esfuerzos.
- 6) Clasificación de desechos destinados a relleno sanitario, venta, reciclaje y compostaje: Se analizaron las cantidades y tipos de desecho que se generan por el ingenio azucarero para lograr una clasificación adecuada y de esta manera decidir el tipo de tratamiento y distribución que se le dará.

b. Elaboración del procedimiento del Centro de Acopio

- 1) Se diseñó paralelamente con la estructura del Centro de Acopio (CA) y la logística del manejo de desechos dentro de éste, de tal manera que los requisitos identificados para la operación del CA se pudieran llevar a cabo con las instalaciones establecidas.

5. Rutas de recolección de baterías y contenedores de acopio, y horarios

- a. Se condujo un estudio sobre la situación actual de recolección de desechos sólidos, tomando en cuenta los siguientes factores: cantidad y ubicación de baterías por área, cantidad de recipientes por tipo de desecho en cada batería, cantidad y ubicación de basureros en cada área, método de recolección, ruta de recolección, capacidad del vehículo recolector, y tiempo de recorrido de la recolección.
- b. Se comparó la cantidad existente de baterías y recipientes contra la cantidad requerida para almacenar los desechos sólidos.
- c. Se analizó la ubicación de las baterías de acuerdo a su accesibilidad para depositar desechos sólidos, visibilidad, cantidad y tipos de desechos generados en el área y distancia a recorrer para hacer uso de los recipientes.
- d. Se realizaron breves entrevistas al personal involucrado en la recolección de desechos sólidos sobre el método y ruta de recolección actual.
- e. Se eligió el criterio para la colocación de un contenedor.
- f. Se redistribuyó la ubicación de recipientes y contenedores de acuerdo a los análisis previos.
- g. Se definió el medio de transporte para la recolección en base a la observación y cálculo de volumen de los desechos sólidos generados.
- h. Se estableció la ruta de recolección utilizando el Algoritmo del Árbol Mínimo de Expansión y los tiempos de recolección utilizando la Técnica Secuencial de Operación Maynard (MOST)
- i. Se realizó un análisis financiero a 10 años de la propuesta final, tomando en cuenta costos de inversión, costos de operación, ahorros y factibilidad económica.

6. Aceites de Fusel

- a. Se realizaron visitas de campo a la destilería del ingenio para estudiar el lugar.
- b. Se obtuvo el volumen de aceites de fusel producido.

- c. Se tomaron muestras de aceites de fusel en recipientes de 250mL de vidrio especial para toma de muestras.
- d. Se realizó una prueba de cromatografía líquida de alta eficiencia (HPLC) para determinar la composición de las muestras de aceites de fusel.
- e. Se investigó en la literatura sobre los principales usos de los aceites de fusel.
- f. Se propuso una metodología para aprovechar los aceites de fusel y se describieron los equipos principales de ésta.
- g. Se calcularon los volúmenes máximos proyectados de los compuestos de interés así como los ingresos máximos que se podrían percibir.

7. Producción de biogás

a. Análisis del sustrato

- 1) Se separaron los desechos sólidos orgánicos en procesados y no procesados para su análisis.
- 2) Se redujo el diámetro de partícula de los desechos por medio del molino de cuchillas del Laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala con una criba con orificios de 3mm de diámetro.
- 3) Se almacenaron los desechos en un cuarto frío con temperaturas desde 3°C a 7°C. El excremento de vaca y afluyente del biodigestor anaerobio de excremento de cerdo (utilizados como inóculo y agua respectivamente en las pruebas de laboratorio) se almacenaron a temperatura ambiente.
- 4) Se utilizó el método estándar ASTM D5057-90 para medir la densidad de los desechos, con corrección por temperatura en la densidad del agua utilizada en el recipiente para medirla.
- 5) Se obtuvieron los sólidos totales de los desechos sólidos por medio de una balanza de humedad Boeco SMO 01, con una temperatura de operación de 130°C.
- 6) Se determinó los sólidos volátiles utilizando el método estándar ASTM D2974-87.

- 7) Se llevaron tres muestras de desechos orgánicos (tres de procesados y tres de no procesados) al laboratorio de análisis “Soluciones Analíticas, S.A.” para obtener la relación carbono-nitrógeno, pH, porcentaje de nitrógeno total, fósforo (como pentóxido de fósforo), potasio (como óxido de potasio), calcio y magnesio (como óxido de magnesio), y la concentración de hierro, magnesio y zinc.
- 8) Se prepararon tres mezclas diferentes para su fermentación anaerobia: 100% procesados, 50% procesados-50% no procesados, y 100% no procesados (todos como porcentajes máxicos).
- 9) Las mezclas anteriores se prepararon con el objetivo de tener 8% de sólidos totales provenientes de los desechos y 10% m/m de inóculo con respecto a los sólidos de los desechos. Cada tipo de mezcla se realizó en duplicado y se utilizó estiércol de vaca y lodos del effluente de un biodigestor como inóculo. Los desechos utilizados se muestrearon de dos diferentes localidades del ingenio en época de reparación.

b. Diseño y construcción del sistema a nivel laboratorio para producir biogás a partir de las mezclas de desechos preparadas

- 1) Recipiente para la digestión: Se eligieron recipientes de vidrio (envases usados de vidrio, de reactivos) usados de 0.0026m^3 como reactores para realizar las fermentaciones.
- 2) Mantenimiento de temperatura constante: Se escogieron calentadores sumergibles con termostato para generar el calor suficiente para mantener la temperatura del agua del baño de maría a aproximadamente 35°C . Se utilizaron tres baños de maría colocados en cascada para recircular el agua y mantener una temperatura homogénea en los tres.
- 3) Mediciones: Se utilizaron botellas de PET de 0.0020 y 0.0025m^3 para medir la producción de biogás en volumen. Estas botellas se calibraron cada 0.0001m^3 utilizando una probeta de 0.0002m^3 y agua.

- 4) Verificación de posibles fugas: Se sumergió en agua los reactores para determinar que no hubiese fugas.
- 5) Ensamblaje del sistema: Se juntaron todas las piezas para armar el sistema.

c. Determinación del rendimiento de producción de biogás y su composición

- 1) Se midió la producción de biogás en volumen en cada reactor recolectando el biogás producido en botellas de PET de 0.0020 y 0.0025m³ calibradas cada 0.0001m³ utilizando una probeta de 0.0002m³ y agua.
- 2) Se corrigieron el volumen y velocidad de producción de biogás obtenidos en la prueba experimental por medio de la Ley de los Gases Ideales para convertirlos en datos a las condiciones de operación de la planta piloto en el ingenio.
- 3) Se graficó la velocidad de producción de biogás en función del tiempo para cada prueba para observar la relación entre ambas variables y se determinó el potencial de producción de biogás dividiendo el volumen acumulado de biogás en los 19 días de fermentación entre la masa de sólidos volátiles presentes en los reactores.
- 4) Se analizó la presencia de metano y dióxido de carbono en nueve muestras (tres muestras por tipo de reactor) de biogás, por medio un cromatógrafo de gases Agilent 8890N y la columna HP PlotQ, de poliestiren-divinilbenceno de 30m de largo, 0.32mm de diámetro interno, 20µm de film. La cromatografía se realizó por dos minutos a 60°C y luego un aumento de temperatura 30°C/min hasta 240°C y un minuto en esta última temperatura. Se inyectó 500 µL de muestra en el gas vehículo (nitrógeno gaseoso) a un flujo volumétrico de 20mL/min con un Split mode de 12:1 (relación entre la cantidad de muestra inyectada al equipo y la excluida de éste) a una temperatura de 250°C. Para la detección del metano se utilizó

un detector de ionización de llama y para el dióxido de carbono un detector de conductividad térmica.

d. Diseño de la planta piloto para la producción de biogás

- 1) Balance de masa: Se determinó el flujo a alimentar al reactor, la cantidad de biogás producida y la cantidad de efluente producida. También se determinaron las concentraciones de sólidos en la entrada y salida del biodigestor. Como base se utilizó la cantidad aproximada diaria de generación de desechos sólidos de alimentos en el ingenio (874.34kg).
- 2) Tiempo de retención: Se determinó el tiempo de retención del sustrato dentro del biodigestor observando la gráfica de la Figura 2 de El-Mashad & Zhang (2010). Se utilizó como tiempo de retención el tiempo de fermentación antes del cual la velocidad de producción disminuye considerablemente (25 días según la gráfica).
- 3) Diseño y dimensionamiento del biodigestor: Se eligió un reactor de tipo flujo de pistón y se calculó el volumen del reactor y las dimensiones del mismo basándose en el diseño de Jagadish, et al.(1998). Se eligió ladrillo común (tayuyo) como material de construcción.
- 4) Diseño y dimensionamiento del reservorio de biogás: Se eligieron cuatro reservorios de techo flotante a presión constante y se calcularon las dimensiones de los mismos de forma que entre los cuatro pudieran almacenar el 50% de la producción de biogás diaria.
- 5) Diseño y dimensionamiento del purificador de biogás: Se eligió la adsorción química como tecnología para remover el sulfuro de hidrógeno del biogás y se dimensionó el equipo utilizando las ecuaciones de diseño presentadas en Arnold & Stewart (1999). Se asumió que la concentración de H_2S en el biogás es 0.5%.

e. Análisis financiero

- 1) Se realizó un balance de energía de la planta de producción de biogás y se determinó la cantidad de energía que produce diariamente.
- 2) Se determinó cuantos cilindros de LPG comercial se ahorrarían por día en la cocina industrial y en base a eso se determinó el ahorro económico.
- 3) Con base en diseño propuesto de la planta de producción de biogás se determinaron los gastos de instalación.
- 4) De igual manera se determinaron los gastos de operación de la planta.
- 5) Finalmente se realizó un flujo de caja para determinar el ahorro anual que se tendría y el Tiempo de Recuperación de la Inversión.

8. Compostaje**a. Pruebas a nivel laboratorio**

- 1) Se determinó la cantidad y tipo de desechos a utilizar en las pilas de compost.
- 2) Se diseñó una pila de compostaje con aireo mecánico (por medio de un soplador) y otra con aire natural.
- 3) Se redujo el tamaño de partícula de la materia orgánica que se utilizó en las pilas de compostaje.
- 4) Se aplicaron las capas de tierra fértil, material celulósico y material orgánico, secuencialmente.
- 5) Se realizó el compostaje por montón por medio de los dos métodos, controlando la temperatura, pH y humedad.
- 6) Se realizó un cuadro comparativo entre los dos métodos de compostaje.

b. Compostaje a nivel industrial

- 1) Se determinó la cantidad y tipo de desechos a utilizar para la implementación del compostaje.

- 2) Se definió el proceso para la aplicación de las capas del compostaje y el sistema de control con el que se debe contar.

9. Reciclaje de termoplásticos

- a. Se realizó una investigación exhaustiva de diferentes técnicas y composiciones para el reciclaje de termoplásticos en forma de madera plástica al mezclarla con fibra vegetal.
- b. Después de determinar la composición que da los mejores resultados en cuanto a calidad de producto final se procedió a determinar la cantidad de resina virgen de plásticos y de fibra vegetal, en este caso aserrín, necesarios para poder procesar todos los desechos plásticos generados.
- c. Se le agregó un sobredimensionamiento a la cantidad de desechos plásticos generados, debido a que si se logra construir la planta de reciclado de termoplásticos se buscará reciclar todo el plástico generado en los municipios alrededores del ingenio.
- d. Con base en las cantidades establecidas de material necesario se procedió a cotizar el equipo necesario para realizar el tratamiento de reciclado
- e. De acuerdo con los precios de venta de este tipo de material se procedió a calcular la utilidad que se lograría.
- f. Según estos datos se procedió a calcular el flujo de caja para determinar la utilidad anual y el Tiempo de Recuperación de la Inversión para determinar la factibilidad de este proyecto.

10. Programa Educativo Ambiental

- a. Se realizó una investigación social para encontrar patrones que ayudaron a diagnosticar las necesidades y problemas presentados en el grupo de estudio.
- b. Se participó en reuniones de trabajo y en la planificación de actividades de capacitación
- c. Se identificaron necesidades y recursos para ejecutar el plan de acción.

- d. Se asesoró en la campaña de concientización y cuidado del medio ambiente.
- e. Se asesoró en la capacitación del personal.
- f. Se elaboró material de apoyo para los cursos de capacitación.
- g. Se participó en la entrega del reporte semestral.

VIII. RESULTADOS

A. Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

Tabla No. 15: Procedimientos elaborados para implementar el Programa de Manejo de Desechos Sólidos en el ingenio.

Nombre del procedimiento	Referencia
Procedimiento para la Prevención de Generación de Desechos Sólidos en Gestión de Compras	Apéndice A, página 204
Procedimiento General de Baterías y Contenedores	Apéndice A, página 208
Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Área Industrial: Fábrica	Apéndice A, página 231
Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Área Industrial: Magalcoholes	Apéndice A, página 234
Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Área Industrial: Magrisa	Apéndice A, página 235
Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Planta de Alimentos	Apéndice A, página 242
Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Módulos Habitacionales	Apéndice A, página 258

Tabla No. 16: Costos de materias primas perdidas en caso se produzca una contaminación en planta de alimentos.

Material	Precio (Kg)	Lote de 4000 almuerzos		
		Cantidad utilizada Kg	Precio porción	Lote Q
Pollo	Q 35.20	0.15	Q 5.28	Q 21,120.00
Arroz	Q 10.00	0.1	Q 1.00	Q 4,000.00
Papa	Q 5.50	0.1	Q 0.55	Q 2,200.00
Tomate	Q 12.50	0.05	Q 0.62	Q 2,480.00
Zanahoria	Q 6.50	0.05	Q 0.32	Q 1,280.00
Precio Lote Real			Q 7.77	Q 31,080.00

Tabla No. 17: Merma en la productividad de los cortadores de caña por intoxicación alimentaria. Un trabajador corta 35x35 metros por día.

Empleados	Intoxicación (%)	Trabajo por persona m ²	Total m ²	Hectáreas
4000	70	1225	3430000	343

Tabla No. 18: Cuantificación, caracterización de desechos sólidos en la planta de alimentos.

Área / Lugar	Cantidad de recipientes	Desechos	(kg)
Lavamanos	2	Papel	4.00
Cárnicos	3	Carne roja Grasa de pollo	40.00 21.81
Vegetales	3	Restos de vegetales	18.00
Nixtamalizado	3	Restos vegetales	30.18
Cocción	3		50.00
Bodega	3	Bolsas plásticas	18000 unidades
Fabricación hielo	2	Bolsas plásticas	5000 unidades
Oficinas	2	Papel (celulosa)	0.1

Tabla No. 19: Procedimientos y documentos elaborados para implementar el Programa de Manejo de Desechos Sólidos en la planta de alimentos.

Nombre del procedimiento	Referencia
Instructivo estándar de saneamiento	Apéndice A, página 240
Documentos Fichas de limpiadores y sanitizantes	Apéndice C, página 303
Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Planta de Alimentos	Apéndice A, página 242
Procedimiento Mantenimiento de equipo y área de limpieza	Apéndice A, página 243
Procedimiento manejo de desechos sólidos evacuación de contenedores	Apéndice A, página 246

B. Auditorías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

Tabla No. 20: Resultados del diseño de la auditoría de baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.

Nombre del documento	Referencia
Documento de Auditoría de Baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	Apéndice C, página 288
Registro de Auditoría de Baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	Apéndice B, página 272
Reporte de Auditoría de Baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	Apéndice B, página 278

Tabla No. 21: Resultados del diseño de la auditoría de contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.

Nombre del documento	Referencia
Documento de Auditoría de Contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	Apéndice C, página 297
Registro de Auditoría de Contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos	Apéndice B, página 276

C. Centro de acopio

Tabla No. 22: Datos totales de secciones utilizadas en el Centro de acopio.

Descripcion	Dimensiones/Tipo
Area ocupada	12m X 70m
Altura desde el suelo hasta la base de la armadura	4m
Altura de armadura sin triangulo	1m
Altura del triangulo	0.50m
Cantidad de marcos	13 unidades
Separacion entre marcos	5.88m
Pernos en conexiones	Rosca excluida
Electrodos de soldadura	E70
Carga muerta	18.41 kg/m
Carga viva	39.20 kg/m
Carga de viento	86.86 kg/m
Corte basal	5080.23 kg
Area de base de zapata	0.80m X 0.80m
Refuerzo de base de zapata	Varillas de acero No.3
Separacion de refuerzo de base de zapata	0.25m en ambos lados
Area de columna de zapata	0.40m X 0.40m
Refuerzo en columna de zapata	8 Varillas de acero No.5 y Estribos No.3
Separacion de estribos en columna de zapata	0.13m
Block en el muro	50 kg/cm ²
Altura del muro	5.5m
Largo del muro	5.9m
Peso del muro	9864.80 kg
Refuerzo en muro	Par de pines No.4
Separacion de pines	0.13m desde el borde del block en ambos lados
Separacion entre cada refuerzo	0.60m

Tabla No. 23: Materiales utilizados para el diseño del Centro de acopio.

Descripción	Tipo	Utilidad
Seccion W	Acero A992	Columnas en el Centro de Acopio
Seccion WT	Acero A992	Armadura
Seccion L	Acero A36	Armadura
Pernos	Rosca Excluida	Conecciones en armadura
Concreto	4000	Losas y zapatas
Electrodos	E70	Soldadura en secciones L
Block	50 kg/cm2	Muro entre marcos
Varillas No. 3	Acero	Refuerzo en base de Zapata
Varillas No. 5	Acero	Refuerzo en columna de Zapata
Pin No. 4	Acero	Refuerzo en Muros
Estribos No. 3	Acero	Refuerzo en columna de Zapata

Tabla No. 24: Datos totales de secciones utilizadas.

(Para un mejor conocimiento de la posición de cada sección y la localización del centro de acopio, observar la imagen de secciones del marco estructural y localización del centro de acopio colocadas en el apéndice D: Centro de Acopio)

Sección	Objeto	Cantidad	Distancia total	Peso total
Texto	Texto	Unidades	m	kN
W14X48	Frame	2	10.00	7.00
L3X3X1/4	Frame	27	39.40	2.82
WT7X34	Frame	3	24.04	11.93
Tabla obtenida del modelo creado en SAP2000				

Tabla No. 25: Distintas combinaciones de cargas en el marco.

(Para un mejor conocimiento de la posición de cada carga observar las imágenes de cargas colocadas en el apéndice D: Centro de Acopio)

Joint	OutputCase	CaseType	F1	F2	F3	M1	M2	M3
Texto	Texto	Texto	kN	kN	kN	kN-m	kN-m	kN-m
162	DEAD	LinStatic	4.05	0	10.87	0	0	0
162	DL	LinStatic	0.81	0	14.77	0	0	0
162	LL	LinStatic	0.75	0	14.75	0	0	0
162	Cimentación	Combinación	1.97	0	40.39	0	0	0
164	DEAD	LinStatic	-0.40	0	10.87	0	0	0
164	DL	LinStatic	-0.81	0	14.77	0	0	0
164	LL	LinStatic	-0.75	0	14.75	0	0	0
164	Cimentación	Combinación	-1.97	0	40.39	0	0	0

Tabla obtenida del modelo creado en SAP2000

Tabla No. 26: Documentos elaborados para definir la logística y control dentro del Centro de acopio.

Nombre del documento	Referencia
Procedimiento de Operación de Centro de Acopio de Desechos Sólidos	Apéndice D, página 322
Registro de Ingreso de Desechos al Centro de Acopio	Apéndice D, página 330
Registro de Entrega de Desechos Sólidos a Terceros	Apéndice D, página 333
Registro de Presencia de Desechos de Alto Riesgo en el Centro de Acopio	Apéndice D, página 334

D. Recolección de contenedores y transporte

Tabla No. 27: Ubicación propuesta de contenedores de acopio en el ingenio.

ÁREA	Coordenadas	
	Latitud	Longitud
Cooperativa	14° 7'15.22"N	90°55'56.32"O
Hotel La Montañita	14° 7'7.34"N	90°55'22.56"O
Seguridad La Cuadra	14° 7'11.48"N	90°55'16.99"O
Cocina Industrial	14° 8'28.98"N	90°57'50.62"O
Biofábrica	14° 8'23.82"N	90°57'59.55"O

Figura No. 17 Ruta de Recolección de desechos sólidos Sector Industrial (parte 1).



Figura No. 18 Ruta de Recolección de desechos sólidos Sector Finca San Patricio
(parte 2).

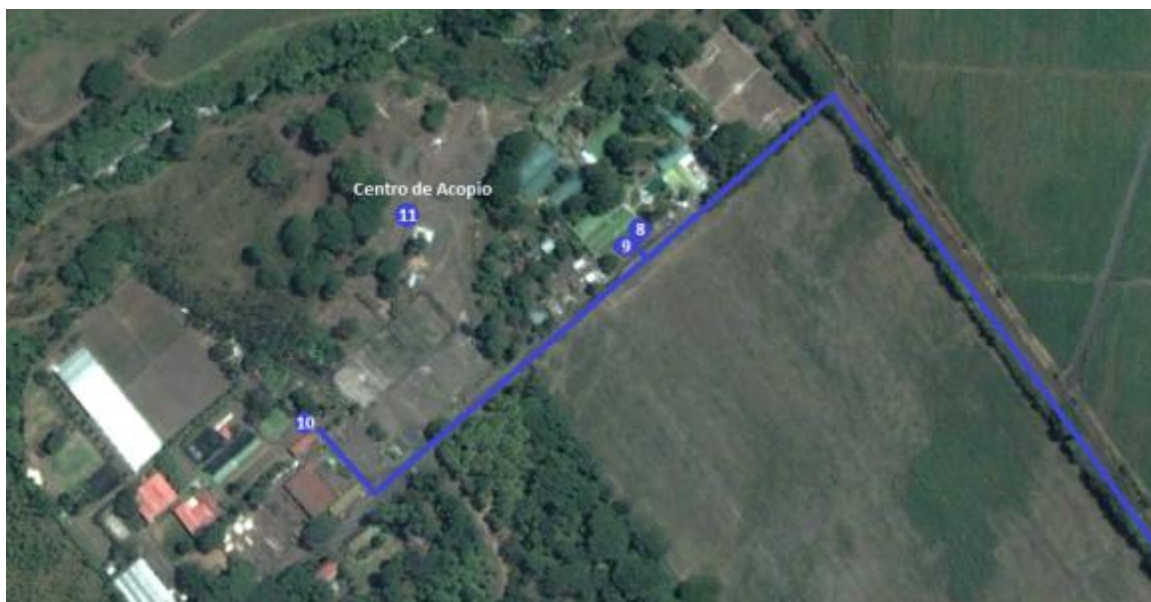


Tabla No. 28: Resultados de tiempo y recorrido en la ruta de recolección.

Origen	Destino	Distancia (m)	Tiempo (min)		Tiempo Total	Hora Llegada	Hora Salida
			Recorrido	Recolección			
Obra Civil	Obra Civil			4	4	07:30	07:35
Obra Civil	Cooperativa	602	2	3	5	07:40	07:45
Cooperativa	Torre de Caña	1515	5	5	10	07:50	07:55
Torre de Caña	Hotel La Montañita	1596	5	3	8	08:00	08:05
Hotel La Montañita	Seguridad La Cuadra	343	1	3	4	08:10	08:15
Seguridad La Cuadra	Magalcoholes	947	3	2	5	08:20	08:25
Magalcoholes	Of Administrativas 400	249	1	2	3	08:30	08:35
Of Administrativas 400	Cocina industrial/ Módulo San Patricio	6909	21	9	30	08:55	09:05
Cocina industrial/Módulo San Patricio	Biofábrica	575	2	3	5	09:10	09:15
Biofábrica	Centro de Acopio	307	1	3	4	09:20	09:30

Tabla No. 29: Estado de resultados y flujo de efectivo propuesta Método de Recolección de Desechos Sólidos.

ESTADO DE RESULTADOS	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos		Q29,212	Q29,212	Q29,212	Q29,212	Q29,212	Q29,212	Q29,212	Q29,212	Q29,212	Q29,212
Gastos de Operación		Q1,646	Q1,646	Q1,646	Q1,646	Q1,646	Q1,646	Q1,646	Q1,646	Q1,646	Q1,646
Depreciación		Q6,555	Q6,555	Q6,555	Q6,555	Q6,555	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
Ingreso Gravable		Q21,011	Q21,011	Q21,011	Q21,011	Q21,011	Q27,566	Q27,566	Q27,566	Q27,566	Q27,566
Impuestos		Q6,513	Q6,513	Q6,513	Q6,513	Q6,513	Q8,545	Q8,545	Q8,545	Q8,545	Q8,545
Utilidad neta		Q14,498	Q14,498	Q14,498	Q14,498	Q14,498	Q19,021	Q19,021	Q19,021	Q19,021	Q19,021
FLUJO DE EFECTIVO											
Utilidad neta		Q14,498	Q14,498	Q14,498	Q14,498	Q14,498	Q19,021	Q19,021	Q19,021	Q19,021	Q19,021
Depreciación		Q6,555	Q6,555	Q6,555	Q6,555	Q6,555	Q0	Q0	Q0	Q0	Q0
Inversión Inicial	(Q36,690)										
FEDI	(Q36,690)	Q21,053	Q21,053	Q21,053	Q21,053	Q21,053	Q19,021	Q19,021	Q19,021	Q19,021	Q19,021

Tabla No. 30: Período de recuperación de la inversión para la modificación del Método de Recolección.

Inversión Inicial	Valor Presente Neto	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9
-36690	Q18,875	Q16,923	Q15,173	Q13,603	Q12,196	Q9,879	Q8,858	Q7,941	Q7,120	Q6,384
	(Q17,814)	(Q890)	Q14,282	Q27,886	Q40,083	Q49,962	Q58,820	Q66,762	Q73,883	Q80,267

Tabla No. 31: Tabla de resumen de análisis financiero de la propuesta del Método de Recolección.

Valor Presente Neto	Q80,267.33
TIR	56%
TMAR	11.54%

Figura No. 19 Variación en el Valor Presente Neto de la propuesta del Método de Recolección.

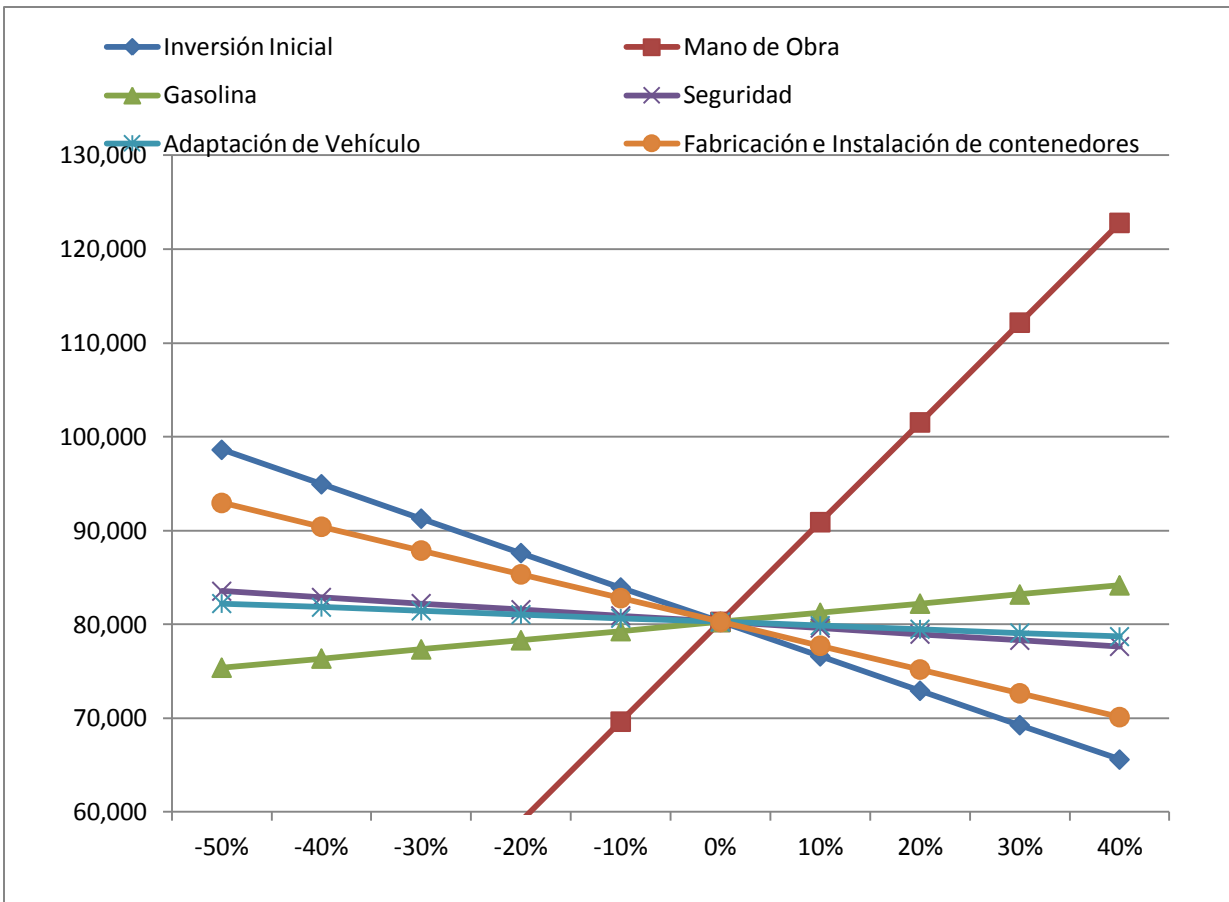


Figura No. 20 Variación en la TIR de la propuesta del Método de Recolección.

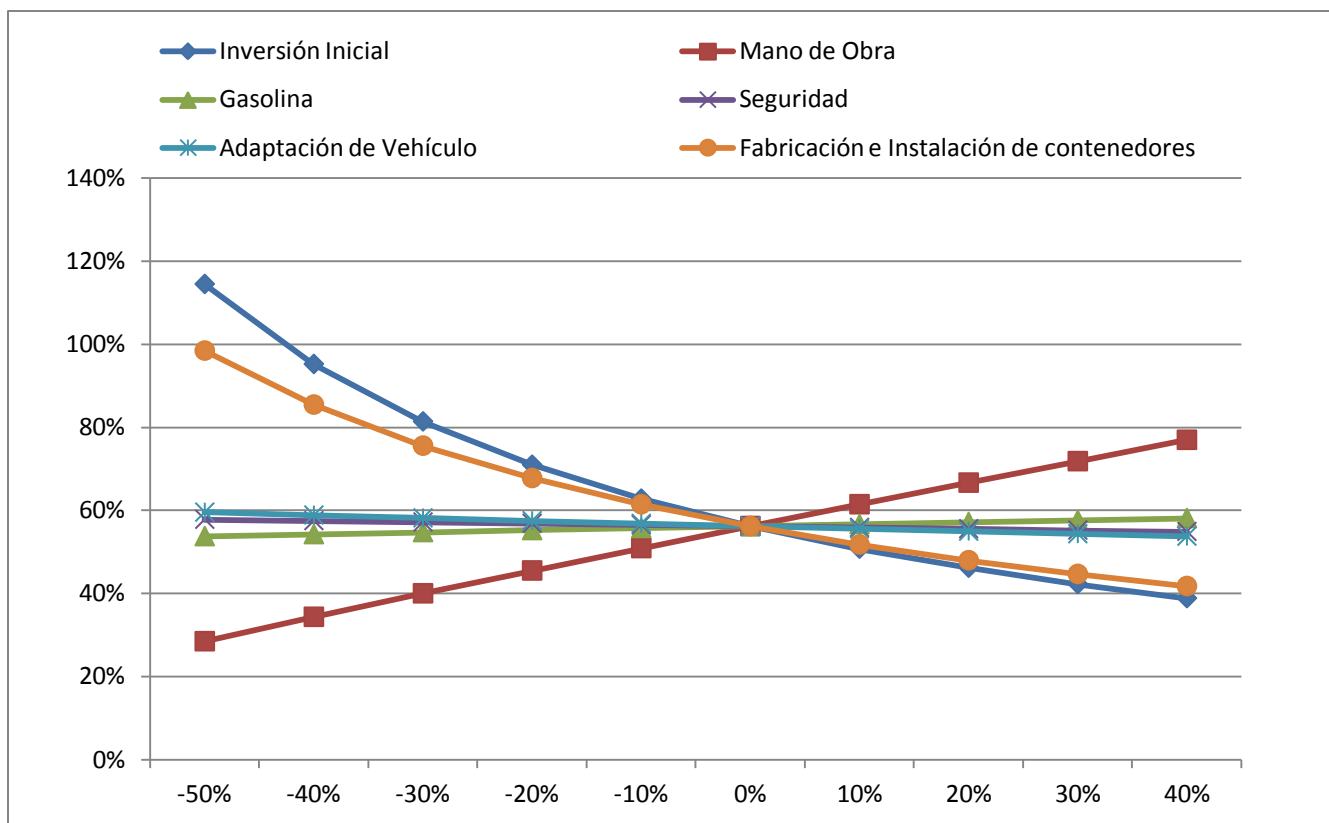


Figura No. 21 Esquema de la vista lateral del vagón para transportar desechos orgánicos.

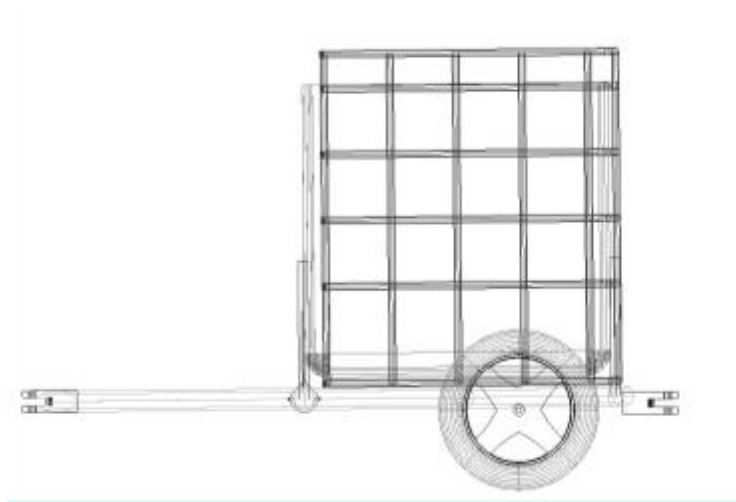
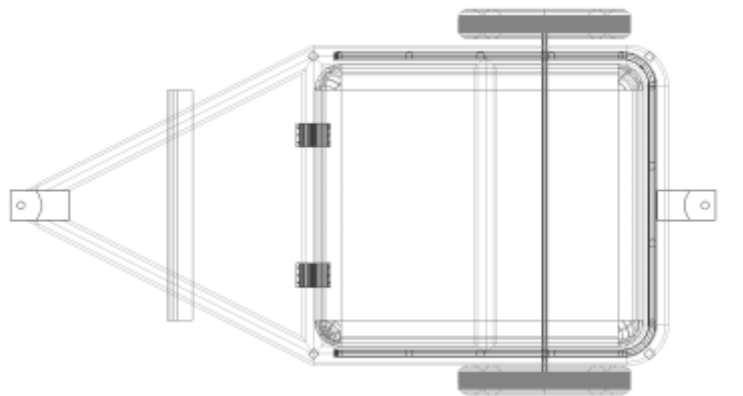


Figura No. 22 Esquema de la vista superior del vagón para transportar desechos orgánicos.



E. Disposición final de desechos

1. Aceites de Fusel

Tabla No. 32: Compuestos mayoritarios en la muestra de aceites de Fusel.

Posición	Compuesto	Área %
1	1-butanol, 3-metil	72.55
2	Ácido decanoico, éster etílico	3.13
3	Alcohol etílico	4.07
4	1-propanol	6.03
5	1-propanol, 2-metil	9.77
6	Ácido dodecanoico, éster etílico	0.68
7	Ácido octanoico, éster etílico	0.65

Nota: Ver resultados completos del análisis en el Apéndice E: Aceites de Fusel

Tabla No. 33: Fracciones de los componentes de la mezcla inicial de aceites de Fusel.

Área %	Compuesto	Fracción V/V	Fracción másica	Fracción Mol
72.55%	1-butanol, 3-metil	0.785	0.787	0.722
9.77%	1-propanol, 2-metil	0.106	0.105	0.115
6.03%	1-propanol	0.065	0.065	0.087
4.07%	Alcohol etílico	0.044	0.043	0.076

Tabla No. 34: Volumen de los componentes de interés que pueden obtenerse de los aceites de Fusel.

Componentes	Volumen (m ³)	Fracción Mol
Isobutanol	0.283	84.21%
3-metil-1-butanol	0.049	99.22%

Tabla No. 35: Ingresos preliminares por carga de 0.4 m³ (400 L) de aceites de Fusel.

Componente	Cantidad (m ³)	Precio en el mercado (Q/L)	Ingresos
Isopentanol	0.283 (282.57 L)	Q385.07	Q108,809.61
Isobutanol	0.049 (49.11 L)	Q376.11	Q18,468.92
Total			Q127,278.53

2. Biogás

Tabla No. 36: Características promedio de los desechos sólidos orgánicos procesados y no procesados del ingenio.

	ρ {kg/m ³ }	ST	SV	C/N
P	1,064.44 ± 3.63	32.73% ± 4.84%	96.09% ± 0.48%	34.85 ± 1.20
NP	1,000.81 ± 15.87	10.55% ± 1.69%	90.11% ± 5.67%	39.35 ± 3.46

Tabla No. 37: Diagrama de flujo y esquema del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás.

Nombre de la figura	Referencia
Diagrama de flujo del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás	Apéndice F, página 356
Esquema del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás	Apéndice F, página 359

Tabla No. 38: Especificaciones del material, equipo y accesorios utilizados para el diseño y elaboración del sistema de fermentación a nivel laboratorio.

Material/Equipo/ Accesorios	Cantidad	Especificaciones
Cajas multibox	5	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Polietileno de alta densidad - Volumen: 0.0595m^3 - Uso: 1. Baño de maría para reactores, 2. Agua para trampa de biogás
Calentadores sumergibles	3	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Vidrio - Potencia: 200W - Uso: Calentamiento de agua
Bomba	1	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Centrífuga - Potencia: $1.864 \times 10^{-4}\text{W}$ - Capacidad: $3.67(10^{-4})\text{m}^3/\text{s}$ - Uso: Recirculación de agua para agitación
Frascos usados de reactivos	6	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Vidrio - Capacidad: 0.0026m^3 - Volumen efectivo: 0.0021m^3 - Uso: Reactor
Botellas de PET	6	<ul style="list-style-type: none"> - Material: PET - Capacidad: 0.0020m^3 - Calibración: Cada 0.0001m^3 - Uso: Medición de volumen de biogás
Sensor de temperatura	3	<ul style="list-style-type: none"> - Precisión: $0.1\text{ }^\circ\text{C}$ - Tipo: Digital - Uso: Medición de la temperatura del baño de maría
Cajas aislantes	3	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: Poliestireno expandido - Espesor: 0.03m - Uso: Aislante térmico
Estructuras	2	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Hierro negro - Uso: Soportar las cajas multibox con reactores

(Continuación de Tabla No. 38)

Material/Equipo/ Accesorios	Cantidad	Especificaciones
Manguera de 3/16"	12m	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Polímero transparente flexible - Diámetro: 0.0047625m - Uso: Conectar reactores a botellas PET
Manguera de 3/4"	3m	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Polímero transparente flexible - Diámetro: 0.01905m - Uso: Circular agua de una caja multibox a otra
Adaptadores macho de 1/2"	5	<ul style="list-style-type: none"> - Material: PVC - Diámetro: 0.0127m - Uso: Conectar manguera de 3/4" a cajas
Adaptadores hembra de 1/2"	5	<ul style="list-style-type: none"> - Material: PVC - Diámetro: 0.0127m - Uso: Conectar manguera de 3/4" a cajas
Electromalla	2	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Cobre - Diámetro: 0.005m - Largo: 0.60m - Ancho: 0.40m - Uso: Sostener botellas PET
Alambre de amarre	6m	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Acero - Uso: Amarrar botellas PET a electromalla
Tapones	6	<ul style="list-style-type: none"> - Material: hule - Número: 6 - Tipo: Horadados - Uso: Cerrar herméticamente los tapones

Figura No. 23 Velocidad de producción de biogás en función del tiempo.

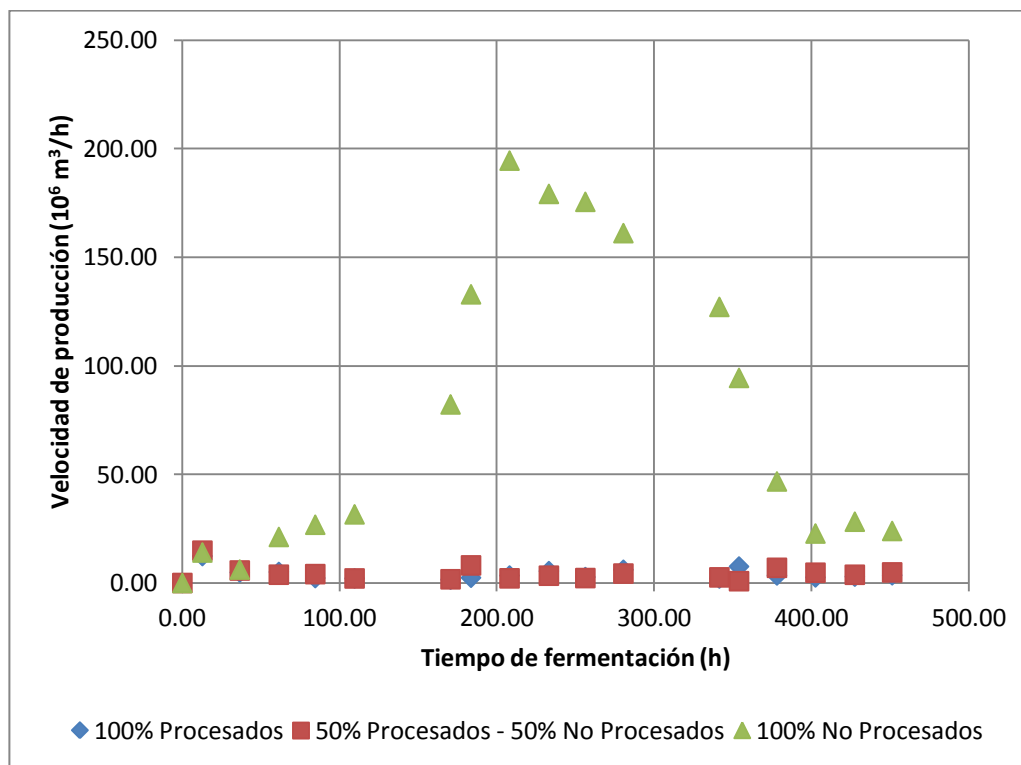


Figura No. 24 Producción acumulada de biogás.

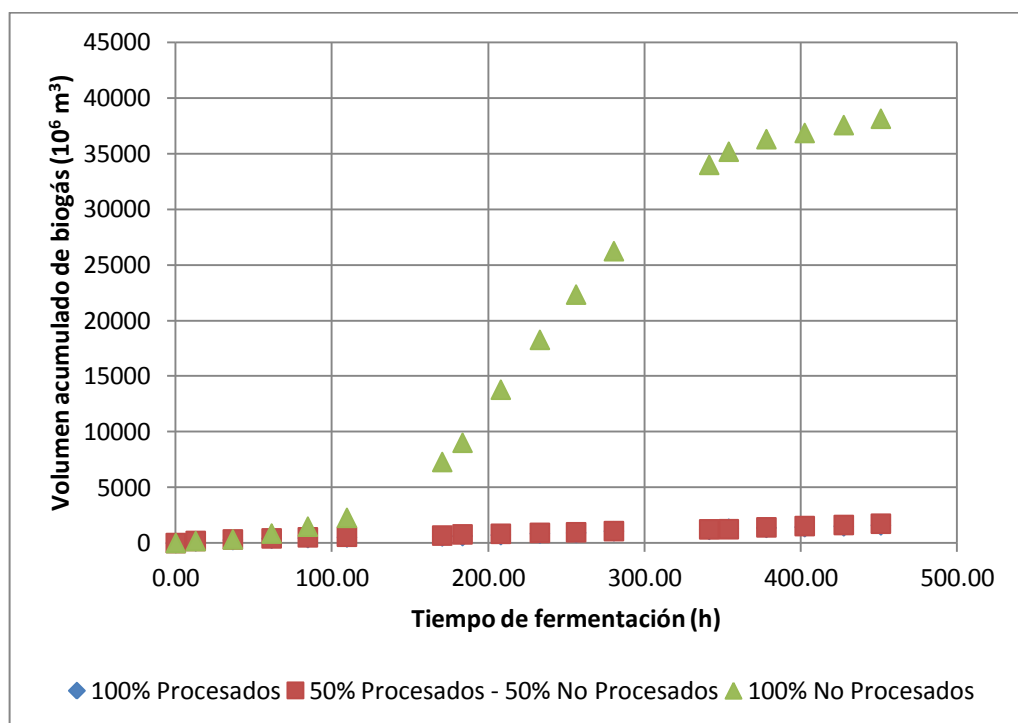


Tabla No. 39: Potencial de producción de biogás de los desechos orgánicos en la prueba de laboratorio.

Sustrato	Temperatura (°C)	Tiempo de retención (h)	Potencial (m ³ /kg VS)
Procesados	35.0	451.22	0.017 ± 0.001
50% Procesados – 50% No Procesados	35.0	451.22	0.053 ± 0.004
No Procesados	35.0	451.22	0.411 ± 0.013

Tabla No. 40: Resultados cualitativos de la cromatografía de gases en las muestras de biogás producido a partir de los desechos sólidos orgánicos del ingenio.

Cromatografía de gases
Presencia de metano
Presencia de dióxido de carbono

Tabla No. 41: Características promedio de los desechos producidos diariamente en el ingenio.

m_D {kg/día}	874
P	75.88%
NP	24.12%
ST	27.38% ± 3.70%
SV	94.65% ± 1.42%
ρ {kg/m³}	1,049.09 ± 4.72

Tabla No. 42: Características de la alimentación de la planta piloto.

D:Ag	1:1
ST	13.69% ± 1.85%

Tabla No. 43: Diagrama de flujo y esquema del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás.

Nombre de la figura	Referencia
Diagrama de flujo de la planta piloto para la producción de biogás	Apéndice F, página 360
Esquema de las vistas de perfil, planta y elevación del biodigestor de la planta piloto	Apéndice F, página 364

Tabla No. 44: Especificaciones del equipo de la planta piloto.

Equipo	Especificaciones
Tanque de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: Ladrillo común - Volumen: 0.92m³ - Frecuencia de carga: Dos veces por día - Uso: Ingreso de sustrato
Tanque de efluente	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: Ladrillo común - Volumen: 1.67m³ - Frecuencia de descarga: Dos veces por día - Uso: Descarga de sustrato reaccionado
Biodigestor	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: Ladrillo común - Volumen: 75.56m³ - Presión manométrica: 490.5Pa - Temperatura: 27°C - Frecuencia de carga: Dos veces por día - Uso: Fermentación anaeróbica de desechos
Reservorios 1, 2, 3, y 4	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción de la bolsa: Película de polietileno de alta densidad - Material de construcción del tanque: Acero - Material de construcción del contrapeso: Concreto - Masa del contrapeso: 301.2kg - Volumen: 11.64m³ - Uso: Almacenamiento de biogás
Adsorbedores 1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.2794m - Altura del empaque: 3.05m - Altura del adsorbedor: 3.66m - Material de empaque: Viruta de hierro oxidada - Uso: Remoción de H₂S del biogás

Tabla No. 45: Balance de masa del biodigestor.

Flujo de desechos (kg/día)	874.34
Flujo de agua (kg/día)	874.34 ± 118.10
Flujo de biogás (kg/día)	156.66 ± 13.05
Flujo de efluente (kg/día)	1592.02 ± 32.38
Concentración de sólidos en la entrada (%)	13.69
Concentración de sólidos en el efluente (%)	5.197 ± 0.141

Tabla No. 46: Diseño del biodigestor y diámetro de tubería para transportar biogás.

Tiempo de retención (días)	34
Presión manométrica de operación (Pa)	490.5
Temperatura de operación (C°)	27
Volumen para sustrato (m³)	56.67 ± 7.65
Volumen para biogás (m³)	18.89 ± 2.55
Volumen total (m³)	75.56 ± 8.07
D (m)*	3.12 ± 0.14
Base inferior del biodigestor (m)	1.08
a (m)*	1.56
b (m)*	0.71
H_L (m)*	2.18 ± 0.28
L (m)*	10.90 ± 0.49
H_G (m)*	1.56 ± 0.07
α (°)*	6
β (°)*	25
Diámetro tubería biogás (m)	0.03175
Diámetro tubería purga (m)	0.25
Material	Ladrillo común

* Ver esquemas de las figuras No. 84 y 85

Tabla No. 47: Diseño del tanque de entrada del biodigestor.

Largo (m)	1.25 ± 0.10
Ancho (m)	0.86 ± 0.04
Alto (m)	0.86 ± 0.04
Volumen (m³)	0.92 ± 0.06
Material	Ladrillo común

Tabla No. 48: Diseño del tanque de salida del biodigestor.

Largo (m)	1.40 ± 0.20
Ancho (m)	1.09 ± 0.14
Alto (m)	1.09 ± 0.14
Volumen (m³)	1.67 ± 0.11
Material	Ladrillo común

Tabla No. 49: Diseño del reservorio de biogás.

Capacidad reservorio (m³)	16.66 ± 1.39
Diámetro lona (m)	2.77 ± 0.23
Largo lona (m)	2.77 ± 0.23
Material de la lona	Polietileno de alta densidad
Diámetro tanque (m)	2.83 ± 0.23
Largo tanque (m)	3.05 ± 0.25
Material del tanque	Metal
Masa del contrapeso (kg)	301.3 ± 25
Altura del contrapeso (m)	0.021 ± 0.002
Material del contrapeso	Concreto

Tabla No. 50: Diseño del adsorbedor de H₂S.

Diámetro (m)	0.2794
Altura empacada (m)	3.05
Altura del adsorbedor (m)	3.66
Tiempo de saturación (días)	26 ± 2
Empaque	Viruta de hierro oxidada
Volumen de viruta (m³)	0.188
Masa de viruta (kg)	48.3
Caída de presión (Pa)	2.06 ± 0.17
Material	PVC

Tabla No. 51: Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno de la inversión y Tiempo de Retorno de la inversión de la planta de biogás con una tasa VAN del 15%.

VAN	TIR	Tiempo de Retorno de la inversión (años)
Q109,188.53	28.97%	3.11

3. Compostaje

Tabla No. 52: Densidad de los desechos utilizados en el compostaje.

Densidad (kg/m³)	855.142
------------------------------------	---------

Tabla No. 53: Energía promedio por radiación absorbida por mecanismo de aireación y por pila.

	Número de pila	Consumo promedio de energía (kJ/h)
Pila aireado mecánico	1	483.56
	2	478.26
	3	478.48
Pila aireado natural	1	479.01
	2	477.08
	3	480.40

Tabla No. 54: Consumo energético promedio total para cada mecanismo de producción de compost.

Tipo de pila	Consumo de energía (kJ/h)
Pila aireado mecánico	41448.97
Pila aireado natural	478.83

Figura No. 25 Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 1 aireación natural en el tiempo.

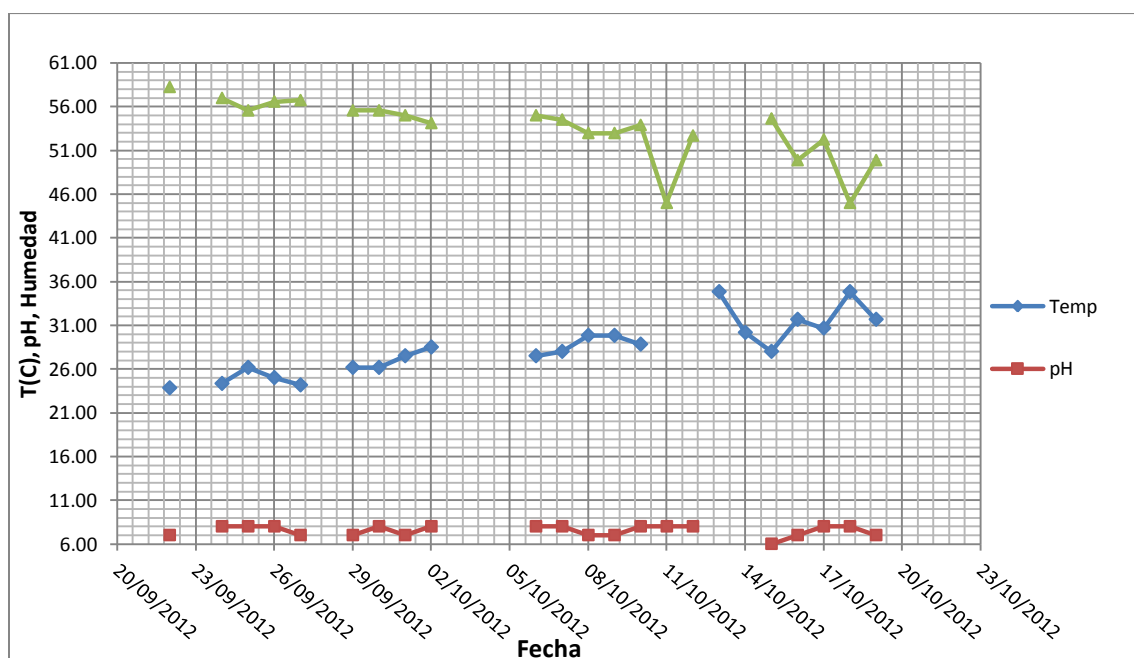


Figura No. 26 Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 2 aireación natural en el tiempo.

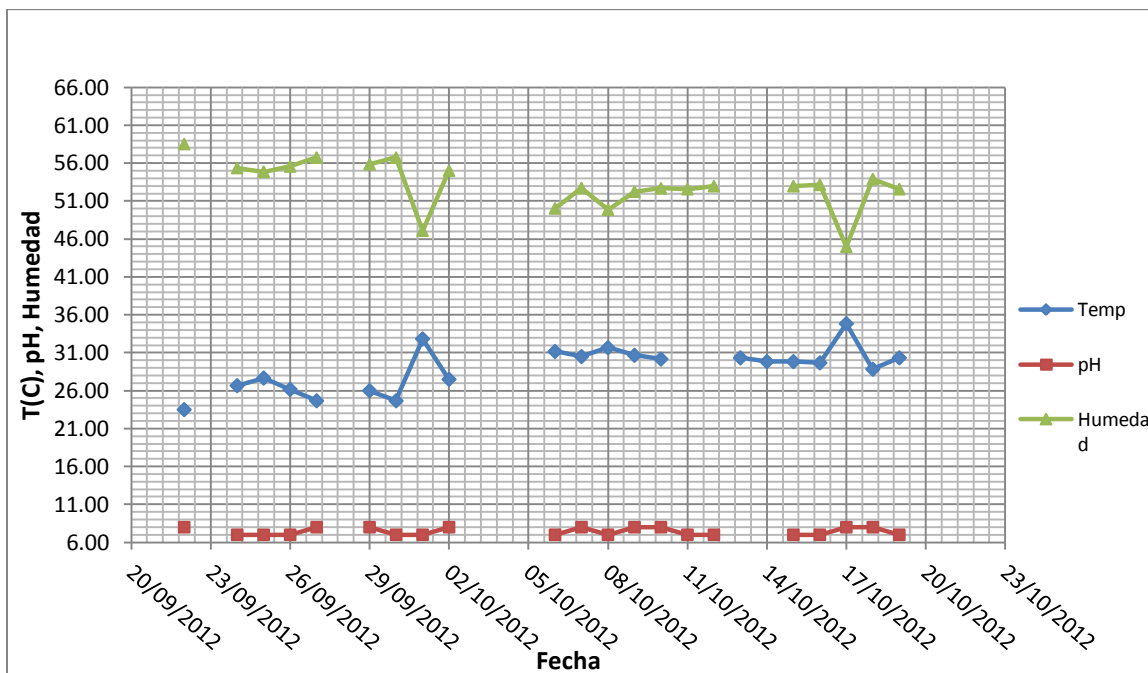


Figura No. 27 Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 3 aireación natural en el tiempo.

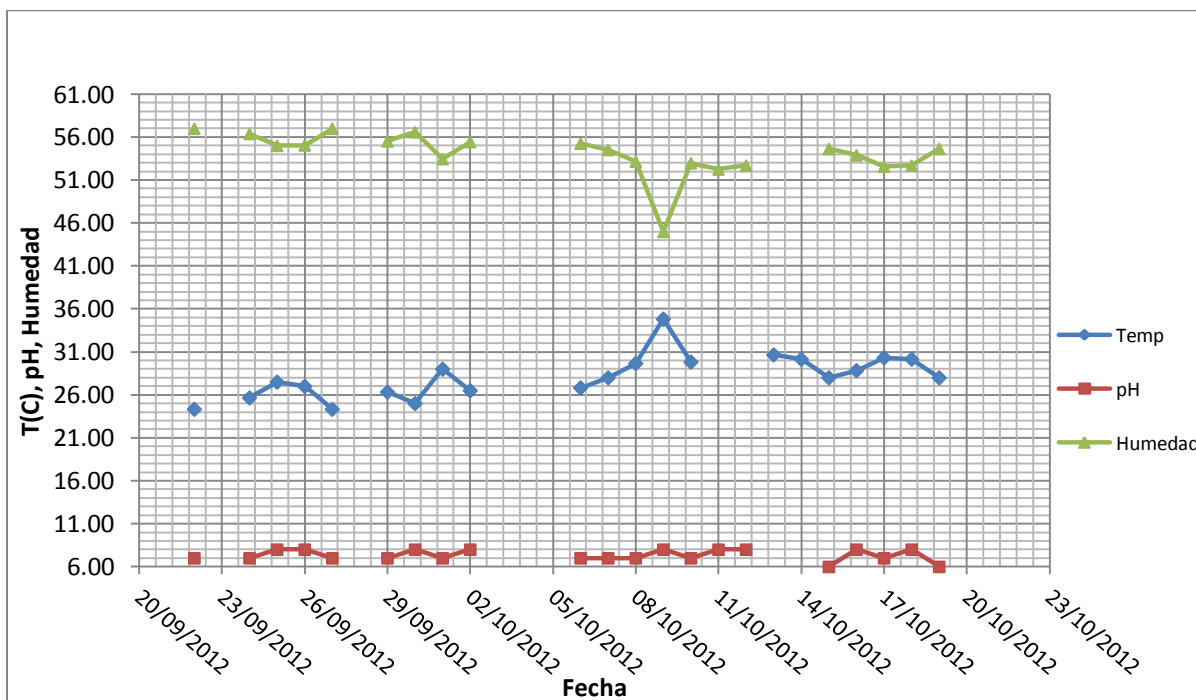


Figura No. 28 Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 1 aireación mecánico en el tiempo.

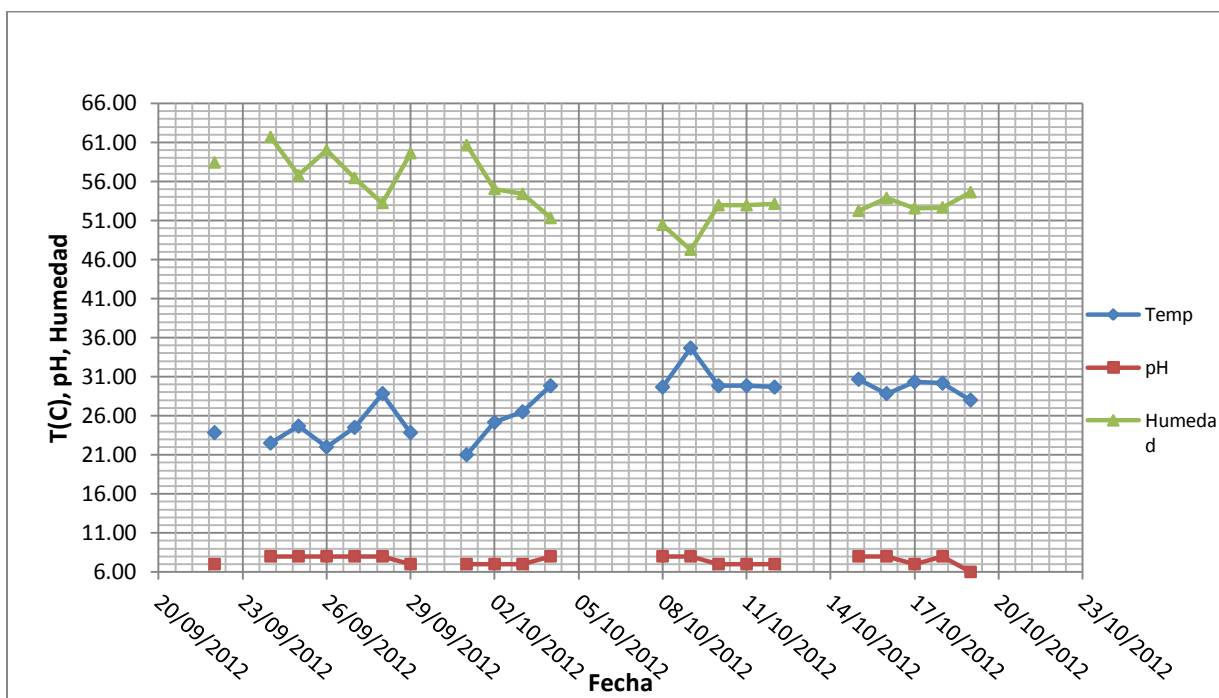


Figura No. 29 Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 3 aireación mecánico en el tiempo.

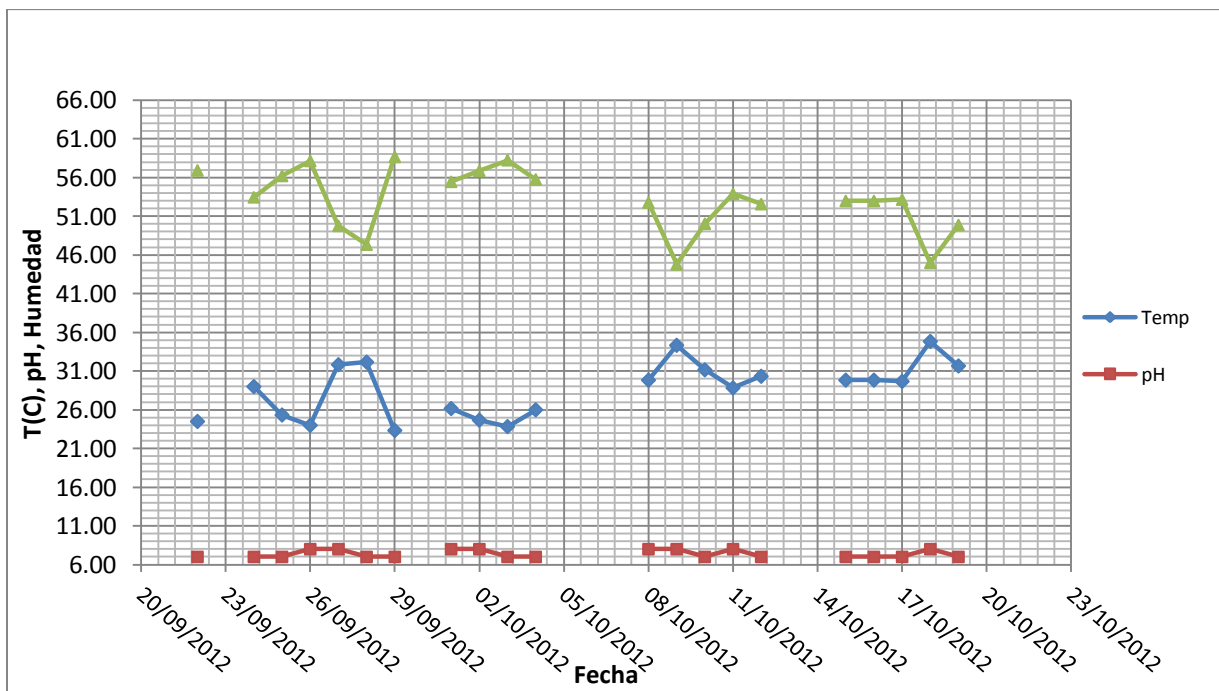


Figura No. 30 Variación de la temperatura y pH respecto a la humedad en Pila 3 aireación mecánico en el tiempo.

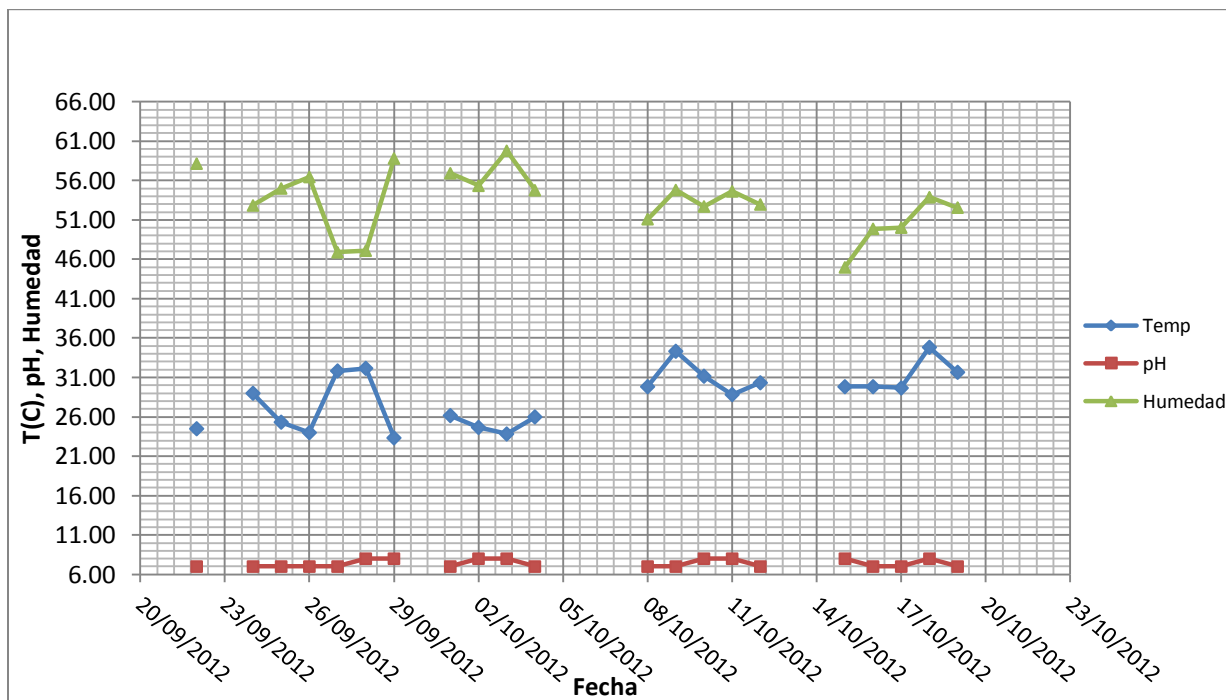


Tabla No. 55: Cantidad de compost producido y residuos en cada pila para cada mecanismo.

	Lixiviados+ Vapor H ₂ O Y Gases (kg)	Abono (kg)
Pila 1 Aireado mecánico	22.60	19.39
Pila 2 Aireado mecánico	21.87	20.13
Pila 3 Aireado mecánico	22.43	19.57
Pila 1 Aireado natural	19.42	22.57
Pila 2 Aireado natural	19.25	22.74
Pila 3 Aireado natural	19.45	22.54

Tabla No. 56: Datos promedio de nutrientes, materia orgánica presente y concentración de sales presentes en pilas de compost con aireado natural.

Datos de análisis de suelos para aireación natural									
	pH	Concentración de sal (dS/m)	Materia orgánica (%)	Relación C/N	Nitrógeno (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (Ca)	Magnesio (MgO)
Promedio	6.93	2.42	56.93%	30.30	1.85%	0.82%	0.43%	1.84%	0.93%

Tabla No. 57: Datos promedio de nutrientes, materia orgánica presente y concentración de sales presentes en pilas de compost con aireado mecánico.

Datos de análisis de suelos para aireación natural									
	pH	Concentración de sal (dS/m)	Materia orgánica (%)	Relación C/N	Nitrógeno (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (Ca)	Magnesio (MgO)
Promedio	6.70	2.22	34.77%	24.40	1.42%	0.65%	0.39%	1.52%	0.87%

Tabla No. 58: Energía por radiación promedio consumida por pila.

	Número de pila	Consumo promedio de energía (kJ/h)
Pila aireado mecánico	1	483.56
	2	478.26
	3	478.48
Pila aireado natural	1	479.01
	2	477.08
	3	480.40

Tabla No. 59: Energía consumida por el soplador.

	Consumo de energía soplador (kJ/h)
Soplador	40968.87

Tabla No. 60: Consumo de energía absorbida por pila.

Tipo de pila	Consumo de energía (kJ/h)
Pila aireado mecánico	41448.97
Pila aireado natural	478.83

Tabla No. 61: Dimensionamiento de la pila nivel industrial.

Dimensiones de la pila	
Base (m)	2
Altura (m)	2
Largo (m)	8

Tabla No. 62: Material y costo de los mismos para el montaje de las pilas.

Montaje de pila			
	Material	Cantidad	Costo
Fundición de Plancha de Cemento	Sacos cemento(35kg)	5	Q 355.00
	Arena de río(m)	2	Q 210.00
	Hierro grado 40 de (3/8")	8	Q 239.20
	Alambre de amarre (lb)	1	Q 19.00
	Piedrín de 3/8" (Saco)	3	Q 150.00
Pines	Hierro grado 40 de (3/8")	3	Q 179.40
	Sacos de cemento (35Kg)	2	Q 284.00
	Bloc U solera dimensiones 10x20x40	200	Q 700.00
	Flete aproximado		Q 500.00

Tabla No. 63: Equipo de Control y equipo para el procesamiento del compost, con su respectivo costo.

	Costo de equipo		
	Cantidad	Costo x unidad	Costo
Soplador (Spencer)	1	Q 11,865.00	Q 11,865.00
Termómetro de vástago (8 plg)	5	Q 338.00	Q 1,690.00
Balanza de humedad	1	Q 35,000.00	Q 35,000.00
		Costo Total	Q 48,555.00

Tabla No. 64: Costo de implementación del sistema para compost.

Costo de implementación de la pila	
Costo total materiales	Q 2,636.60
Costo total montaje (por pila)	Q 3,861.30
Costo total montaje	Q 11,584.90
Costo total de inversión	Q 60,139.80

4. Termoplásticos

Tabla No. 65: Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno de la Inversión y Tiempo de Retorno de la Inversión de la planta de reciclado de plásticos con una tasa VAN del 15%

VAN	TIR	Tiempo de Retorno de la Inversión (años)
Q392,000.80	20.03%%	4.08

F. Programa Educativo Ambiental

Tabla No. 66: Material para capacitaciones del Programa de Manejo de Desechos Sólidos del personal de IMSA.

Tipo de material	Referencia
Presentación ¿Qué son las 3 erres?	Apéndice I, página 473
Presentación Ideas para reutilizar el PET	Apéndice I, página 476
Presentación, ideas para reutilizar el vidrio	Apéndice I, página 479
Presentación Nomenclatura Magdalena	Apéndice I, página 481
Juego educativo Lotería Ambiental	Apéndice I, página 483
Juego educativo Memoria ambiental	Apéndice I, página 484
Juego educativo Clasificación de figuras	Apéndice I, página 485
Juego educativo Identificación de situaciones	Apéndice I, página 486

IX. DISCUSIÓN

A. Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

Para diseñar un Programa de Manejo de Desechos Sólidos (PMDS) consolidado, se consideró al ingenio en una etapa de planificación de su Sistema de Gestión Ambiental (SGA). La realización de éste pretendió que los empleados conocieran la política ambiental del ingenio, cultivaran una cultura de sostenibilidad y estuvieran conscientes del compromiso que ambas cosas conllevan. El diseño del Programa de Manejo de Desechos en las áreas críticas del ingenio fue realizado para conformar una parte del Sistema de Gestión Ambiental que se asumió que en un futuro se implementará en la empresa. La implementación íntegra de un sistema de gestión ambiental permite llevar a la empresa a un nivel de competitividad internacional, así como a reconocer las áreas en las que se pueden reducir costos por su excedente injustificado de producción de desechos sólidos. Todos los documentos se consideraron como parte del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) mientras que el SGA se establece de una forma estable en el ingenio. Es decir que los documentos se codificaron como parte del SGC.

Actualmente, el ingenio en cuestión tiene los recursos económicos y humanos disponibles para invertir en la implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en la mayor parte de sus instalaciones. La implementación efectiva del PMDS depende en gran parte de la capacitación que se provea a los empleados del ingenio.

La división de la implementación del PMDS por áreas, se realizó con el fin de identificar las operaciones que se llevan a cabo en el ingenio, y se diseñaron variaciones del programa para que se adecúen al tipo de actividades que se llevan a cabo en cada área, la cantidad de personas que conformen la fuerza de trabajo de este tipo de operación y su escolaridad. En caso de la ampliación de un área o la adición de un mismo tipo de área en otra parte del ingenio, el diseño separado del programa permite la aplicación de las normativas como una extensión de los procedimientos

establecidos. La responsabilidad de la implementación del PMDS fue asignada por el ingenio a un Comité de Manejo de Desechos y a las Jefaturas de Área, luego de la elaboración de este diseño se sugirió la asignación de un Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (EPMDS) competente, con formación o experiencia acorde a las tareas asignadas. Esto en conformidad de establecer un representante con autoridad, para que esta parte del sistema de gestión ambiental se concrete en las áreas abarcadas, sin influencia o presión de la jefatura del área, ya que el EPMDS se estipuló que informara sobre el desempeño de cada área y las recomendaciones de mejora.

1. Prevención de generación de desechos sólidos en gestión de compras.

Uno de los objetivos buscados como parte del Megaproyecto “Diseño de un Programa de Manejo de Desechos Sólidos” es la prevención de los mismos. Esta se basa en la implementación de las 3R’s, haciendo énfasis en reducción y reutilización.

Se determinó que un factor relevante en la generación de desechos es el proceso de compras, por lo que se realizó un procedimiento en el cual se detallaron las acciones a tomar para lograr una reducción significativa. Se tomaron en cuenta las siguientes etapas del proceso de compras (ver marco teórico): la requisición de materiales, cotización, selección del proveedor, orden de compra, recepción, control de calidad, almacenamiento y relación con proveedores.

El procedimiento tuvo como objetivo el establecer un orden de tareas para lograr que desechos, en su mayoría, empaques de cartón y envases de plástico puedan ser reducidos. Esto se lograría por medio de una evaluación a los proveedores, requiriendo que de acuerdo al material que provean puedan recibir devuelta los empaques que proporcionan. De acuerdo al procedimiento se cuantificarían los desechos generados por compras, como también los materiales que puedan ser devueltos.

Este procedimiento fue elaborado para ser aplicado en bodega central, ya que el ingenio cuenta con un sistema de compras con modelo centralizado (ver marco teórico).

2. Procedimiento general de baterías y contenedores. Debido a que los resultados de esta subsección son extensos, estos se muestran en la sección de Apéndice, haciendo referencia a ellos en la sección de Resultados. Aunque la parte primordial de un Programa de Manejo Integral de Desechos Sólidos es la filosofía de optimización de los procesos para generar menor cantidad de desechos y reutilizar o reciclar los desechos producidos, esto es inútil si no se cuenta con la herramienta adecuada para gestionar los desechos, por lo que el trabajo se enfocó en lo último.

Como criterio para la elaboración de los procedimientos se tomaron en cuenta dos aspectos: 1) Literatura sobre el manejo integral de desechos sólidos, y 2) Entrevistas al personal del ingenio. La literatura se utilizó para la clasificación de desechos, logística, control y sanciones, mientras que las entrevistas sirvieron para detectar los aspectos problemáticos del manejo de desechos.

Por medio de entrevistas orales durante las visitas de campo al ingenio fue posible determinar que uno de los mayores problemas en cuanto a las deficiencias del actual Programa de Manejo de Desechos (PMD) es que muchas veces no existe compromiso por parte de los jefes de área. Debido a esto es necesario colocar al Comité de Manejo de Desechos (CMD) como máxima autoridad en el PMD y ponerlo a cargo de controlar y sancionar en caso de no cumplirse con los lineamientos del PMD. Con este comité se espera lograr que el PMD sea una prioridad entre el personal del ingenio. Ya que un ingenio azucarero es demasiado extenso, es necesario establecer “jefes de área”, pero exclusivamente para el PMD. Con este fin, se designó un Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (EPMDS) en cada área del ingenio, para que éste lleve el control del PMD en el área y sea el encargado de organizar a los recolectores. El EPMDS es un mediador entre el CMD y un área del ingenio en particular y está encargado de sintetizar la información concerniente al desempeño del PMD en el área mencionada, así como de aplicar mejoras.

El ingenio ya tenía implementados los recipientes en donde se almacenan los desechos, pero cada área trabajaba de manera independiente con respecto al PMD, por lo que no existía un estándar. Con el propósito de estandarizar el PMD para todo el ingenio, se definieron los recipientes a utilizar para recolectar los desechos sólidos. Primero se hizo una distinción entre dos tipos de estos: a) recipientes, los cuales son en los que todas las personas depositan los desechos y un conjunto de estos (entre 3 y 5, inclusive) forma una batería de recipientes, y b) contenedores de acopio, los cuales son para que los recolectores trasladen las bolsas de los recipientes y tener capacidad para almacenar los desechos sólidos del área durante más tiempo. Esta distinción se hizo para que el proceso de recolección de baterías sea independiente del proceso de recolección de contenedores, ya que si ambos fueran un solo proceso, la recolección de desechos tomaría demasiado tiempo y recursos. Debido a los contenedores de acopio, el camión pasa por menos puntos para recolectar los desechos (utilizando menos combustible y tiempo), además que no es necesario que pase por estos todos los días, ya que los contenedores de acopio tienen capacidad de almacenaje de aproximadamente 2 – 3 días.

Se decidió que los recipientes utilizados en las baterías dependían del área, ya que no todos se adaptaban a cualquier área. Los recipientes normalmente utilizados son toneles de metal usados y toneles de plástico usados. Estos se eligen para arraigar la filosofía de reutilización de los desechos, teniendo como impacto la disminución de desechos de los que hay que disponer y de costos en disposición y compra de recipientes nuevos. Desafortunadamente, los toneles de metal y plástico no son aptos para todas las áreas, por lo que es necesario invertir en recipientes apropiados para áreas críticas, el cual es el caso para Fábrica. El primer motivo es por seguridad industrial, ya que los toneles de metal y plástico son muy grandes para los pasillos de Fábrica, ya que algunos pasillos tienen aproximadamente 2 metros de espacio y estos pueden representar un peligro en caso de que sea necesario evacuar la planta rápidamente. El segundo motivo es que las normas en las áreas de empaquetado y refinado son más estrictas, por lo que los recipientes deben contar con una tapadera activada con pedal para que los operarios no deban remover la tapadera. Por los dos motivos anteriores, en la fábrica se utilizan otro tipo de recipientes.

Todos los recipientes deben contener una bolsa en su interior para recolectar los desechos sólidos. Esto se hace para que los desechos no tengan contacto directo con el recipiente y no lo deterioren, y para que sea más fácil la recolección de los mismos. En casi todos los casos se utilizan bolsas de color negro, pero hay dos excepciones: 1) los desechos sanitarios siempre van en una bolsa blanca, y 2) los desechos de alto riesgo siempre van en una bolsa roja. Lo anterior se hace para que sea evidente inmediatamente los desechos que están dentro de las bolsas y así el recolector no tenga necesidad de abrirlas y no sufrir ningún daño.

Para poder llevar un control adecuado de la generación de los desechos y la efectividad del PMD en las distintas áreas del ingenio, fue necesario establecer un código para los recipientes. Este código consta de tres elementos, el primer elemento es para identificar el área en donde se encuentra el recipiente, el segundo elemento es para identificar la batería de la cual forma parte el recipiente y el tercer elemento es para identificar al recipiente y el tipo de desechos que contiene. Se eligió esta forma de codificación para poder identificar completamente a un recipiente dentro del ingenio, es decir, con el código se sabe la ubicación exacta de un recipiente y el tipo de desecho sólido que éste alberga. Las bolsas también contienen la codificación del recipiente para saber el área y subárea de donde provienen los desechos. También se codificaron los contenedores de acopio, pero estos sólo incluyen los primeros dos elementos del código, los cuales son suficientes para determinar los desechos de qué baterías se acumulan en qué contenedor de acopio.

Como se mencionó en el párrafo anterior, el tercer elemento identifica al tipo de desecho que contiene el recipiente. A la separación de los desechos sólidos en diferentes tipos se le llama clasificación y es parte básica en el Manejo Integral de Desechos Sólidos. Para clasificar los desechos sólidos del ingenio se hizo una revisión bibliográfica de los diferentes tipos generados. El objetivo de la clasificación es separar los desechos que tienen un valor de los que no lo tienen. En el ingenio ya existía una clasificación de los desechos, pero ésta era deficiente, ya que no tomaba en cuenta todos los casos. Las categorías agregadas como resultado de este trabajo fueron: 1) Desechos Sanitarios, 2) Desechos de Alto Riesgo, 3) Desechos Electrónicos, 4) Chatarra, y 5) Desechos No Clasificados. Los Desechos Sanitarios son los que estuvieron en contacto con algún fluido corporal humano y los Desechos de Alto Riesgo

son los generados en las clínicas, y se crearon estas categorías para identificarlas fácilmente a la vista por medio del color de bolsa (blanca para los sanitarios y roja para los de alto riesgo) y así el recolector tomaría las debidas precauciones desde el momento antes a la manipulación. Los Desechos Sanitarios no tienen su propio código, ya que forman parte de los desechos No Clasificados debido a que tienen la misma disposición final. Las categorías de Desechos Eléctricos y Electrónicos y Chatarra se agregaron debido a que estos desechos se pueden reciclar. La categoría de Desechos No Clasificados es necesaria debido a que no todos los desechos se pueden reutilizar, reciclar, ni requieren de un tratamiento especial para su disposición, por lo que todos los desechos de esta categoría tienen como disposición final un relleno sanitario.

Se identificó que además de los recipientes, los rótulos, el color de los recipientes y la forma de colocar el código del recipiente y contenedor de acopio no estaban estandarizados. Para no dar lugar a confusiones, lo anterior se estandarizó. A pesar de que los recipientes son de diferentes tamaños, se tomó la decisión de que los rótulos y codificación de estos fuera del mismo tamaño para todos los recipientes, ya que es innecesaria la complicación de elaborarlos a la medida. Para las medidas de los rótulos y el código se tomó como base el recipiente más pequeño utilizado en el ingenio, de esta forma se aseguró que las dimensiones de estos no fueran de mayor magnitud que la de los recipientes. Además, se aseguró que los rótulos y códigos no fueran muy pequeños para el recipiente. En el Apéndice de este trabajo se puede observar el Procedimiento General de Baterías y Contenedores, en donde se presenta un esquema en donde se puede apreciar la dimensión del rótulo y el código en comparación con el recipiente y contenedor. Se decidió que los recipientes estuvieran completamente pintados del color del tipo de desecho que albergan para poder identificar el recipiente visualmente desde lejos. Además, las puertas de los contenedores también están pintadas del color del tipo de desecho que albergan por el mismo motivo.

Ya que el EPMDS de cada área es el que mejor conoce las necesidades del área en cuanto a manejo de desechos sólidos, estos son quienes deciden la ubicación de las baterías y contenedores, sin embargo, se deben basar en cinco criterios para tomar la decisión: 1) facilidad de acceso y extracción: Los recipientes y contenedores no deben colocarse en lugares muy cerrados ni rodeados de equipo o estructuras y debe haber suficiente espacio para realizar la maniobra de recolección, 2) tipo de desechos

generados: Sólo se colocan recipientes y contenedores para albergar los tipos de desechos que se generan en el área o subárea, 3) cantidad de desechos generados: La cantidad de recipientes y contenedores dependen de la cantidad de desechos que se generen, 4) distancia: No pueden haber dos o más baterías a menos de 10m de distancia entre sí, a menos que una sola no sea suficiente para albergar la cantidad de desechos generados, 5) Tipo de operación: Existen áreas que por el tipo de operación que se maneja en éstas, no se puede utilizar cualquier tipo de recipiente (por ejemplo Fábrica). Estas decisiones se tomaron debido a que se encontraron baterías cuya ubicación era muy poco eficiente.

Existen partes de los procedimientos que es más conveniente presentarlas como documentos o registros que contienen información adicional. El objetivo de los documentos es proveer información detallada que se debe actualizar frecuentemente y por eso no se incluyen en los procedimientos, ya que es más conveniente actualizar frecuentemente un documento en vez de todo el procedimiento. El objetivo de los registros es anotar información recabada sobre el PMD para control y documentación, por lo que se deben imprimir frecuentemente y son más fáciles de gestionar individualmente. La referencia a todos los documentos y registros se pueden observar en la sección de resultados.

No se discute sobre los documentos y registros, ya que estos se explican por sí mismos. Al igual que los procedimientos, los documentos y registros se elaboraron de forma que posibiliten el control total del PMD y de esta forma responsabilizar y comprometer a las personas con el programa. Adicionalmente, la documentación del programa hace posible la proposición de cambios y mejoras y optimizarlo. Por este motivo también se agregaron las secciones Control y Sanciones al Procedimiento General de Baterías y Recolectores, cuyos objetivos son notificar la forma en que se controlará que los lineamientos del PMD se cumplan y las sanciones que se ejecutarán si no se cumplen. El control y las sanciones son necesarias para minimizar las desviaciones con respecto a los procedimientos y son recomendadas por ISO 14001:2004.

Es importante aclarar que estos procedimientos, documentos y registros no son absolutos y hay lugar a cambios en un futuro. Durante la implementación y prueba

pueden notarse necesidades que no se satisfacen con lo propuesto. El diseño de un PMD depende enormemente del tipo de operación del lugar en donde se aplica, por lo que sólo existen lineamientos generales para su diseño, de forma que no se espera que el diseño propuesto sea la solución definitiva. El tiempo de estadía en el ingenio fue muy pequeño, motivo por el cual es altamente probable que el diseño propuesto aún esté incompleto, sin embargo, brinda herramientas para poder empezar a implementar un PMD de manera satisfactoria.

3. Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Fábrica. El procedimiento de Fábrica forma parte del Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en el Área Industrial y muestra sólo información adicional específica del área que no está incluida en el procedimiento general. En primer lugar, los recipientes elegidos para esta área fueron los recipientes de sección rectangular. La razón de esto es que los pasillos de Fábrica son angostos en comparación de los pasillos de otras áreas y los toneles de metal o plástico son muy grandes para esta área, pudiendo ocasionar problemas de locomoción en casos de emergencias, por ejemplo, durante un terremoto. En la mayoría de partes de Fábrica se utiliza el recipiente tipo 3 (ver Procedimiento General de Baterías y Contenedores), pero en las subáreas de Maduración y Empaque, y Refinación, se utilizan recipientes tipo 4, ya que la certificación HACCP de Fábrica lo requiere.

Aunque el Procedimiento General de Baterías y Contenedores indica cómo se realiza la recolección de los recipientes de las baterías, en Fábrica fue necesario agregar pasos. Debido a la extensión del área de Fábrica, las bolsas de los recipientes se deben trasladar por medio de una carretilla de mano. En el caso de los recipientes ubicados en el segundo piso o superiores, es necesario que los recolectores utilicen los elevadores manuales para bajar las bolsas al primer piso y posteriormente trasladarlas a los contenedores de acopio.

Ya que en Fábrica se cuenta con personal supervisor de BPMs, se determinó que es necesario que estos también sean supervisores del PMD. Esto fue necesario debido a que en un área tan grande como Fábrica es difícil que un solo EPMDS lleve a cabo el control del PMD, por lo que es necesario contar con más personal que realice esta tarea.

4. Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Destilería (Magalcoholes). El objetivo principal de este proyecto fue la creación de un procedimiento para el manejo de desechos sólidos de una manera adecuada y eficiente, con esto se logra disminuir el impacto ambiental que se pueda tener con el manejo inadecuado de estos desechos. Para poder realizar esto se siguió una metodología que se fue adecuando a las condiciones que se observaron en el proceso que ya se tenía de manejo de desechos dentro de la planta de alcoholes de un ingenio azucarero. Los principales desechos encontrados en esta planta fueron: papel, cartón, plástico, estos eran generados por los trabajadores mas no por los procesos ahí realizados. Con base en estos desechos y teniendo en cuenta que pueden surgir otros desechos se propuso un procedimiento el cual consiste principalmente en la aplicación y conocimiento de la forma adecuada, según las observaciones, del manejo de desechos sólidos dentro de la planta.

El diseño de los procedimientos se realizó de una manera eficaz debido a los pocos desechos que se producen dentro de esta, ya que en total trabajan aproximadamente 25 personas, entre los dos turnos de trabajo, así como también a que contaban con un proceso de recolección ordenado, por lo que el diseño se enfocó en aspectos como el lugar donde se iban a colocar los recipientes, la identificación de los mismos y la forma más eficiente de recolectar los desechos.

Como se puede observar en la parte de anexos los procedimientos están diseñados para manejar de una manera eficiente los desechos sólidos por medio de la separación, buena disposición y transporte dentro del área. Estos procedimientos dan una guía para el manejo adecuado de desechos sólidos, pero se debe mantener un control sobre como se manejan para poder aplicar mejoras, actualizar y adaptar a los cambios que puedan surgir a través del tiempo.

5. Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en MAGRISA. Para el área de transporte y reparación en talleres (MAGRISA) se diseñó un procedimiento llamado "PR-GCA-GCA-M Procedimiento Baterías en MAGRISA". Este toma la base del procedimiento de manejo de baterías genérico de cualquier área y lo

específica para esta área. Los procesos de control y limpieza incluyen mejoras hechas al proceso que se utiliza actualmente. Para este documento se hizo especial énfasis en el control (incluyendo registros en escritos) del manejo de las baterías y en el mantenimiento de su buen estado todo el tiempo.

Se debería instruir a los recolectores y a cualquier otra persona que utilice las baterías para que reporte cualquier mal uso del sistema o de cualquier incumplimiento en cuanto a códigos o colores de los recipientes que integran las mismas. Este modelo de procedimiento, como ya se mencionó, sería implementado en todas las áreas del ingenio. Con todo esto se podría tener un estándar de manejo y control de los desechos, con lo cual se obtendrían beneficios como: cumplir con la adecuada identificación de las bolsas y su uso acorde al desecho generado, se ahorraría tiempo al momento de clasificar los desechos en el centro de acopio y se podría tener un proceso más eficiente. Otro de los beneficios es la buena imagen que reflejaría el manejo de los desechos y la reducción de los malos olores como resultado del constante monitoreo de las baterías y la correcta programación de las recolecciones.

6. Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en plantas de alimentos. Dentro de las dos plantas visitadas, fue posible observar que las instalaciones cumplen con el diseño mínimo requerido para el procesamiento de alimentos como por ejemplo, cuentan con pediluvios y cortinas plásticas en las entradas, las paredes son blancas con un poco de porosidad pero cuentan con curvas sanitarias. Cabe resaltar que entre la pared y el techo de la planta hay entradas de aire cubiertas con red la cual debe estar en constante supervisión ya que en los alrededores hay una gran cantidad de insectos. Las lámparas cuentan con protectores para evitar que los vidrios se esparzan al estallar los bombillos. En general las instalaciones se encuentran estructuralmente muy bien, pero no cuentan con programas o métodos estandarizados, por lo que se pretende comenzar a realizar dichos documentos y prácticas.

En las Tablas 17 y 18 de la sección de resultados, estas crean dos escenarios en los cuales no se cumplen con los procedimientos adecuados y se da la contaminación de un lote de alimentos, en el primer caso se detecta la contaminación y se desecha el lote completo el cual tiene un costo de Q. 31,080.00. En el segundo escenario no se

percatan de la contaminación y una gran cantidad de los cortadores de caña se enferman, por lo que no llegan a trabajar o no tienen el mismo rendimiento haciendo que no se corte 343 hectáreas de caña de azúcar, impactando directamente en la producción y eficiencia del ingenio.

Antes de definir el espacio donde iban a estar colocados los contenedores de desechos, se evaluó que estos estuvieran separados de cualquier equipo o pared en un perímetro de 35cm. Los contenedores que se utilizan en la actualidad son los recomendados, sólo se recomienda tener un juego de diez contenedores extra, así sustituirlos mientras se evacúan los contenedores con desechos.

Todo el equipo utilizado para la limpieza y evacuación de contenedores debe de ser inspeccionado cada 15 días, así observar si cuentan con algún daño o si están perdiendo su funcionalidad.

A petición del ingenio se modificó y actualizó un instructivo, el cual funciona como una guía, siendo éste el que da las pautas, pesos de los desechos sólidos, disposición de los basureros dentro de la planta que se utilizó como referencia para el programa. La finalidad de este documento fue citar qué procedimientos y cómo se utilizan en el sistema de desechos sólidos dentro de la planta de alimentos.

La planta cuenta con 25 empleados por turno, de los cuales dos personas están encargadas del manejo de desechos sólidos. La competencia de estas personas es indispensable para el buen cumplimiento de los procedimientos, ya que si entienden el porqué de las tareas repetitivas, estos no tendrían ningún problema en memorizar y priorizar los pasos críticos de dichos procedimientos.

El procedimiento «Manejo de desechos sólidos (evacuación de contenedores)». Tiene como objetivo definir los siguientes aspectos:

Listado del equipo de protección para las personas que realicen esta tarea, así como los materiales e insumos requeridos para cumplir con lo que se establece en el procedimiento.

Se detalló el orden de evacuación de los contenedores, dejando al final los desechos que tiene una mayor carga microbiana.

Cumpliendo con objetivo de trazar rutas que no interfirieran con la producción y que no tuviera riesgo de generar contaminación cruzada, por lo que se trazó una ruta para cada tipo de desecho, y para cada área de trabajo. Al trazar las rutas se tomó en cuenta que la circulación de los desechos dentro de la planta fueran los mínimos necesarios para cumplir con la tarea, además la circulación de los contenedores debía de ir en contra de las líneas de producción es decir que el movimiento iniciaba desde los procesos finales hacia la materia prima o primeros procesos, con el fin de evitar contaminaciones de los alimentos que ya habían contado con el proceso térmico.

En el procedimiento se detalla el uso y acción de jabón de contacto, un sanitizante y un agente antimicrobiano como lo es el alcohol. Asimismo se definen los tiempos de acción de los mismos productos.

En el procedimiento de mantenimiento de equipo y área de limpieza, se definieron todas las acciones para minimizar el crecimiento bacterias, mohos y levaduras que se pueda producir en un área que constantemente tiene presencia de desechos.

Para que la limpieza de los contenedores sea la adecuada estos no se deben limpiar en un área con muchos contaminantes y restos de alimentos. Por lo que se creó un estricto programa de limpieza en el cual hay tratamiento de limpieza antes y después de realizar cualquier actividad. Se tomó en cuenta cualquier tipo de contaminación cruzada que se pueda dar dentro de esta área, debido a esto el procedimiento tiene varias acciones repetitivas.

La limpieza de la gabacha y botas es esencial ya que estos son los equipos que forman una barrera entre el personal de limpieza y los desechos. La gabacha no debe de abandonar el área de limpieza.

Al entrar y salir del área de limpieza al igual que la planta, hay que pasar por el pediluvio, esto evitará cualquier arrastre de materia que pueda poner en riesgo los alimentos.

Una parte muy importante de toda certificación es la normalización de soluciones, por esta razón se elaboró un formato de fichas técnicas en donde se describe todo peligro que pueda generarse por la manipulación y uso de dicha sustancia, así como los primeros auxilios que los manipuladores puedan necesitar en caso de inhalación, ingestión o absorción.

Otra parte muy importante de estas fichas es la creación de un manual de uso, el cual describe los materiales, medidas de seguridad y cantidades para elaborar las soluciones que se utilizan en el programa de manejo de desechos sólidos.

Para que la planta de procesamiento de alimentos o cocina industrial pueda implementar este programa, se realizó un procedimiento de implementación en el cual se describe:

Responsabilidades de los involucrados. Cronograma de implementación con la cantidad de tiempo necesaria para la lectura e interpretación de dichos documentos, y un día en el que se realizan ensayos de comprobación del aprendizaje.

Todas las personas involucradas en la planta de alimentos deben conocer el funcionamiento y el fin de todos los procedimientos que incluye el programa de manejo de desechos sólidos.

7. Diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Módulos habitacionales. Específicamente para las áreas habitacionales, se acopló el programa a cada área de residencia. Debido a que en estas áreas existen casas individuales, la ubicación y tipos de recipientes utilizados para la clasificación de desechos dentro de cada domicilio se excluyó del procedimiento. La responsabilidad de los residentes se estableció que era depositar sus desechos debidamente separados en las baterías colocadas en las cercanías de su vivienda. Una variación de esto se aplicó para el área de hotel, en donde se estableció se colocaran tres recipientes: para desechos orgánicos, desechos sanitarios y desechos no clasificados; esta cantidad de recipientes puede satisfacer las actividades comunes para un tiempo finito de estadía en las

instalaciones ya que las habitaciones se limpian y los recipientes de desechos se evacúan diariamente por el personal de limpieza encargado del ingenio. Mientras tanto, la necesidad de depositar otro tipo de desechos se suplió por las baterías recomendadas a colocar en las cercanías a esta área.

El área de módulos para cortadores está habitada con aproximadamente 4,000 cortadores que el ingenio emplea cada zafra. El módulo que se encuentra dentro de la planta aloja a aproximadamente 1,100 cortadores y fue el que se utilizó como referencia por motivos de cercanía. La ubicación de este módulo junto a la Planta Industrial de Alimentos consistió en una restricción para las rutas de recolección de desechos, para las cuales se estableció que no se podían tomar rutas dentro del área de comedor ni más cercano de dos metros del perímetro de la Planta Industrial de Alimentos. Para las demás áreas habitacionales, la restricción para los recolectores fue no invadir la propiedad privada.

El PMDS se implementó inicialmente por los empleados del ingenio en el área industrial (específicamente en el área de fábrica para procesar la caña de azúcar), en el cual estableció que el horario de recolección de desechos sea a las 7:00am. La hora de recolección que se recomendó para todos los módulos habitacionales abarcados fue la ya mencionada, la cual concuerda con la ruta sugerida para la recolección de desechos –es decir que los desechos serán recolectados antes que el camión recolector llegue a tales puntos- y representó el establecimiento de un orden fácilmente identificable por todos los empleados del ingenio –lo que significa que en cualquier área que se encuentren, todo el personal reconocerá que a esa hora se realizaría la recolección y deberían tomar las medidas y consideraciones correspondientes que la recolección de desechos implica, como por ejemplo el tránsito de los recolectores-.

No se establecieron sanciones para el incumplimiento del procedimiento en módulos habitacionales, debido a las relaciones laborales complejas que se mantienen con los empleados del ingenio y especialmente con los cortadores. Además, el establecimiento y la aplicación de las sanciones están directamente relacionadas con el grado de capacitación que tiene el personal acerca del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (dado que no se puede imponer una penalización por información que no se ha comunicado), el cual es dificultado por el constante remplazo o rotación de

los empleados de la empresa. Las sanciones para los usuarios no se establecieron en el Procedimiento General de Baterías y Contenedores, sin embargo, el cumplimiento del PMDS por parte de estos es esencial, por lo que si se desea lograr una mejora continua del programa se deben tomar en consideración las sanciones. Por lo tanto, el procedimiento de implementación del programa en módulos habitacionales se realizó como una delimitación de funciones y responsabilidades como acciones preventivas para la implementación del PMDS, y este deberá ser modificado de acuerdo al surgimiento de nuevas situaciones.

B. Auditorías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

1. Auditoría de baterías del Programa de Manejo de Desechos. Como parte de la implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos, y para cumplir con la metodología PHVA (Planificar-Hacer-Verificar-Actuar) indicada por la ISO 14001:2004, se diseñó una auditoría para las baterías utilizadas en el ingenio de acuerdo a lo establecido a los lineamientos establecidos en el programa, para verificar que su implementación sea completa e identificar aspectos de mejora.

Los objetivos del PMDS se consideraron como una prioridad para la dirección de la empresa, por lo que los objetivos de la auditoría, los recursos utilizados para ésta y la periodicidad establecidos supuso la inversión de la empresa en las auditorías de baterías. La auditoría que se estableció fue una auditoría ambiental voluntaria – dependiente directamente de la política ambiental del ingenio-, capaz de realizarse por un equipo auditor interno o externo, con el objeto de auditar el estado puntual de las baterías, la seguridad e higiene de éstas.

La auditoría se diseñó para comprobar la coherencia entre compromiso de los usuarios de las baterías y el cumplimiento de la política ambiental de la empresa. Los objetivos de la auditoría fueron comprobar la efectividad de la clasificación por parte de los usuarios en los recipientes de las baterías y corroborar el estado y mantenimiento de las baterías en cada área, responsabilidad de las autoridades del área y del personal del PMDS. Cada pregunta se redactó para obtener resultados significativos para cumplir estos objetivos. La pregunta No. 1 a la 9 implicó la auditoría de la implementación del

PMDS por parte del EPMDs, jefes de área y recolectores; las preguntas de la No. 10 a la 16 se establecieron para evaluar la clasificación por parte de los usuarios y la frecuencia de generación de desechos.

La auditoría está compuesta por tres partes: la primera por un documento que explica cada pregunta de la auditoría y los criterios que se deben utilizar, la segunda por un formato para el reporte de los resultados de la auditoría y la tercera que es el formato de la auditoría misma. El diseño de la auditoría se realizó con coherencia al Procedimiento General de Baterías y Contenedores sugerido, y se diseñó como una serie de preguntas de opción múltiple para evitar lugar a ambigüedades y obtener datos adecuados para su tabulación, además se agregó un espacio para cualquier observación que el auditor o equipo auditor considerara relevante.

En el documento que incluye la explicación del procedimiento para la auditoría se establecieron los materiales a utilizar, entre los cuales se incluyó una cámara y una balanza para evidenciar la auditoría. También se estableció el equipo de protección personal para los miembros del grupo auditor. Se determinó que se auditaría el 30% del total de las baterías en el ingenio, para obtener información representativa.

Las características con las que se pretendió evaluar al personal del PMDS y jefaturas de área fueron la adecuada codificación, mantenimiento y localización de baterías dentro del área. La localización de las baterías se evaluó para detectar riesgos potenciales causados directamente por interferencias espaciales o contaminación por las baterías en las áreas asignadas. El estado y codificación de baterías se evaluó para comprobar la conformidad de estos con el Procedimiento General de Baterías y Contenedores; esta codificación no sólo permitirá identificar las baterías al personal del PMDS sino ayudará a los usuarios a identificar fácilmente las categorías en todo el ingenio.

Todas las preguntas de la auditoría están explicadas de la manera más clara posible y adicionalmente se establecieron los criterios para seleccionar las opciones de una pregunta de la auditoría.

Se construyó un informe con el formato de una hoja de cálculo de *Microsoft Excel*® para presentar los resultados generales de la auditoría, obteniendo el porcentaje de recipientes por batería que cumplieron en su totalidad con los requisitos generales de codificación y mantenimiento: codificación estándar, rótulo estándar, color estándar, estado general (limpio, pintado y conservado) y con bolsa plástica; y el porcentaje de desechos reclasificados respecto a la masa de desechos clasificados por los usuarios en el recipiente (es decir, qué tan bien están realizando la clasificación el personal del área). De este último resultado, un porcentaje menor a 100% significa que realmente hubo menos desechos en la clasificación de lo que los usuarios clasificaron –es decir, que los usuarios consideraron más desechos de los que realmente pertenecen a esta clasificación-; un porcentaje igual al 100% indica que probablemente los usuarios clasificaron de manera correcta esta categoría; un porcentaje mayor al 100% indica que se encontraron más desechos de la categoría en otras categorías o afuera de la batería que en el recipiente de la categoría misma. Ambos resultados diagnostican el estado de lo que se deseó evaluar en la auditoría.

La realización de la auditoría y del informe supuso una conducta ética y una presentación ecuánime de los resultados de dicha auditoría, por parte del equipo auditor.

Para obtener resultados característicos del estado del PMDS se estableció que deberá realizar la auditoría por medio de terceros (requisito que el ingenio actualmente cumple), para asegurar la imparcialidad y la competencia (derivada de la experiencia) de los encargados de la auditoría, sin embargo, esta auditoría también se podrá realizar adicionalmente por personal propio del ingenio.

La periodicidad de la auditoría se estableció para asegurar que la revisión de la implementación del PMDS se cumpliera en ambos períodos de la operación de un ingenio: reparación y zafra, es decir que se instauraron dos auditorías al año. Una auditoría adicional inicial, de acuerdo al formato que se construyó, se estableció para conocer el estado del PMDS y tener una base de comparación de los avances del programa.

2. Auditoría de contenedores de Acopio del Programa de Manejo de Desechos. Para evaluar el desempeño y buen uso de los contenedores de acopio se diseñó el documento "DO-GCA-GCA-002 - Auditoría de contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos", el cual contiene la metodología para llevar a cabo la auditoría de contenedores de acopio de una manera adecuada. En éste se explica a detalle cada aspecto a evaluar y como se debería calificar el cumplimiento. Para cada pregunta se especificó lo que se espera que cumpla y de qué manera se califica como incumplimiento. Sin embargo se recomienda realizar una capacitación para las personas encargadas de realizar esta auditoría para que se tenga claridad en cuanto a qué es lo que se quiere medir y cuál la manera correcta de realizarla. Para esto se utilizaría el registro "RE-GCA-GCA-002 - Registro de Auditoría de contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos", el cual es el registro que se debería llenar durante la auditoría a todos los contenedores. Estos registros deberían llenarse para cada contenedor visitado y posteriormente devolver todos los documentos llenos al Comité de Manejo de Desechos, encargado de evaluar los resultados de la auditoría. La auditoría debería de llevarse a cabo evaluando todos los contenedores del ingenio, sin excepción alguna. La razón de la evaluación de todos los contenedores es que no se trata de un número tan alto de unidades, al ser solamente 32, como de baterías, las cuales son alrededor de 177 baterías, por lo que haciéndolo solo dos veces por año si es logísticamente factible auditar la totalidad de los contenedores.

Dentro de los criterios evaluados en las preguntas se incluyeron las siguientes: cumplimiento identificación del contenedor (color y código), cumplimiento del estado adecuado de las bolsas (código y estado de las mismas), desechos en su categoría correspondiente, ubicación del contenedor y limpieza del contenedor. En caso de que después de la evaluación no se cumpliera conal menos dos de estos criterios se procedería a calificar el contenedor como inadecuado.

Para esto se estableció el criterio de tolerancia de contenedores inadecuados en donde se estipuló que para el primer año la tolerancia sería del 25% del total de los contenedores. A partir del segundo año se tendría una tolerancia del 10% del total de los contenedores. Si no se cumpliera con el mínimo de tolerancia se llamaría la atención a los Encargados del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (EPMDS) de las áreas con deficiencia. En caso de incurrir en dos llamadas de atención se evaluaría el cambio

del EPMDS de área o se determinarías las medidas adecuadas a tomar. La razón de estos porcentajes puede parecer algo alta, pero debido a que el número de contenedores no es tan alto tampoco sería una gran cantidad de contenedores inadecuados.

La revisión bianual, una vez en período de zafra y una vez en período de no zafra, se propuso como primera prueba y a partir de los resultados de estas dos auditorías se determinaría si se sigue con esta frecuencia de auditoría o se modifica para adecuarlo a las necesidades que se detecten.

Los aspectos y elementos que se incluyeron en la auditoría de contenedores son una mezcla de las necesidades reales del ingenio, su capacidad para cumplir con esos requisitos y la implementación de los lineamientos dados en la norma ISO 19011, la cual especifica las directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental. Se trató de cumplir con las directrices de esta norma, sin embargo dada la falta de implementación de siquiera un Programa de Manejo de Desechos Sólidos básico hasta la fecha se trató solamente de cumplir con los lineamientos generales y en base a los buenos resultados esperados de esta auditoría se estarían proponiendo las mejoras graduales al programa. Cabe destacar que esto depende de la disponibilidad que tenga el ingenio para dedicarle los recursos necesarios para poder cumplir a cabalidad con la norma establecida.

C. Centro de Acopio

1. Diseño y análisis de infraestructura. Se elaboró una propuesta de un centro de acopio para un ingenio azucarero a base de marcos estructurales ya que están formados por columnas y trabes los cuales están sujetos por conexiones seguras las cuales proporcionan una muy buena rigidez. Los marcos estructurales ayudan de gran manera en zonas sísmicas debido a la manera en que son elaborados.

La propuesta fue elaborada con un marco de acero para facilitar la construcción y de esta manera realizar la estructura en un periodo más corto. Las secciones utilizadas en la propuesta del marco se escogieron partiendo de sus propiedades. Estas debían

soportar las distintas cargas aplicadas a la estructura. De la misma manera se utilizaron los códigos de construcción: *Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala* AGIES (Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica), *Specification for Structural Steel Buildings* AISC (American Institute of Steel Construction) y *Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures* ASCE/SEI 7-10 (American Society of Civil Engineers). Se utilizaron las normas indicadas por estos códigos para realizar todo los cálculos de la estructura.

Las dimensiones utilizadas en el centro de acopio se seleccionaron tomando en cuenta la cantidad de desechos sólidos que se generan por el ingenio, el espacio abarcado por la maquinaria necesaria para el tratamiento de los residuos y la altura de los camiones recolectores. Los marcos fueron separados 6 metros entre si para no tener costaneras de gran tamaño que generen un gran peso. Las secciones de cada tipo (W, WT, L) son de las mismas propiedades para no crear problemas a la hora de la construcción ya que se puede llegar a tener un mal entendido en la obra y los albañiles pueden llegar a colocar una sección en una posición errónea.

Debido a la localización donde se desea elaborar el centro de acopio, la carga más influyente que se tiene en los cálculos es la carga de sismo. Esto se debe a que la zonificación sísmica en la cual se desea construir el centro de acopio es clasificada como una zona "D", esto indica que se tiene un gran riesgo de actividad sísmica en la zona.

Los muros se realizaron con block tipo 50 con pines No.4 a cada 0.60m para darle una mejor estabilidad al muro. En cada agujero donde se van a insertar los pines se colocan dos pines a una distancia de 0.13m para lograr que el muro sea resistente hacia los dos lados y no sólo hacia uno. Para concluir la colocación de los pines, el agujero se rellena de concreto para mantener firmes los pines y que el muro logre unirse con dichos pines. La cimentación que se elaboro fue por medio de zapatas ya que es una estructura relativamente pequeña y no necesita de una cimentación profunda, además se tomó en cuenta el hecho que el terreno tiene el manto freático demasiado cercano por lo que se decidió elaborar las zapatas más anchas en lugar de profundas para soportar mejor la estructura.

2. Logística de manejo de desechos sólidos en el Centro de Acopio. En orden a establecer la logística del manejo de los desechos sólidos a partir de la recolección de las áreas y la disposición final de estos, se extendieron las responsabilidades del Centro de Acopio (CA) a la Gerencia de Comunicación & Responsabilidad Social, la jefatura de área localizada junto al CA, y a un Coordinador del Centro de Acopio. Esto se sugirió para distribuir adecuadamente las tareas dentro del CA y debido a que la disposición final de los desechos es responsabilidad de los altos mandos del ingenio –por lo que a la Gerencia de Comunicación & Responsabilidad Social se le asignó esta responsabilidad-. La logística se dividió en cuatro partes importantes: el Procedimiento de Operación del Centro de Acopio y tres documentos auxiliares relacionados únicamente con el CA.

La logística de manejo de desechos del CA abarcó desde la recolección de desechos de los recolectores hasta la disposición final de estos. Los desechos que no se incluyeron fueron los de alto riesgo, desechos orgánicos y desechos de duroport.

Los desechos de alto riesgo no se manejan en el CA porque su disposición final (por seguridad) es en una empresa especializada. Por la naturaleza de estos desechos, el contacto o contaminación del personal recolector o del personal del Centro de Acopio se consideró como un peligro potencial, por lo que la aparición de un desecho de esta clasificación se indicó se debe registrar; los desechos denominados de alto riesgo se estableció no se deben depositar en otro recipiente que no sea de esta clasificación. Este registro permitirá tener una trazabilidad a la fuente de generación de los desechos e implementar acciones correctivas para evitar estos sucesos.

El diseño de una planta piloto de biogás en un lugar alejado del CA y pilas de compostaje ajenas a la operación del centro, implicó que no se manejaran los desechos orgánicos dentro de sus instalaciones. Inclusive, esto contribuye a evitar la contaminación cruzada de los desechos que se pueden reciclar limpios (ej. papel y cartón) y erradicar el mal olor dentro de las instalaciones.

Aunque una clasificación de duroport o poliestireno expandido (por sus siglas en inglés EPS) exista en el programa, tampoco se incluyó porque se evitó la disposición final de éste en un relleno sanitario y con esta acción se incentiva a que el ingenio

evalúe la posibilidad de utilizarlo como aislante térmico en las múltiples instalaciones que contiene, dándole un valor agregado a estos desechos y a sus edificaciones, tomando en cuenta que es una aplicación útil de acuerdo al clima del área en la que se encuentra instalado y a la conductividad térmica de dicho material.

Aunque actualmente el ingenio está pesando sus desechos, el pesaje se incluyó como una forma de registrar la cantidad de desechos producida por área y batería, a manera de tener trazabilidad de los desechos y reportar el estado general del PMDS en el ingenio por medio de estos registros. El registro que se sugirió, fue complementado por los registros actuales que el ingenio utiliza, y se estableció en un formato de hoja de cálculo de *Microsoft Excel*® para que la información fuera más fácil de reportar al CMD y comunicar al ingenio.

La reclasificación manual de los desechos se diseñó sobre una estructura de concreto con una altura conveniente para la operación del personal. Se indicó que cada banda de reclasificación se debe mantener limpia, y que los empleados deben utilizar equipo de protección personal, como guantes de látex y mascarillas. La reclasificación manual se consideró, debido a que la reclasificación mecánica tiene un mayor costo y con la cantidad adecuada de personal en las bandas reclasificadoras, luego de un tiempo considerable de capacitación, se estimó se pueden llevar a cabo eficientemente las operaciones del CA.

Se sugirió se clasificaran inicialmente los desechos no clasificados (exceptuando los desechos sanitarios), para extraer material que puede ser reutilizado y en caso algún usuario efectuó una mala clasificación en el punto de origen de los desechos. Los desechos sanitarios se excluirán de la reclasificación reconociendo las bolsas blancas que se estableció se colocaran para recolectar este tipo de desechos. Los plásticos, se sugirió se reclasifiquen según la clasificación *comoditie* de la categoría 1 a la 6 (excluyendo la 3, por la falta de terceros que procesen este tipo de material), de tal manera que cada tipo de polímero pueda ser clasificado adecuadamente y pueda tener un destino final apropiado, de acuerdo a la política ambiental del ingenio.

La chatarra se separó en aluminio y cobre por la cantidad elevada que el ingenio reportó que se generaban, por el reciclaje específico de cada uno de estos materiales, y por el beneficio económico que directamente estos aportan.

Las áreas que se designaron para cada tipo de desecho en el CA, se agruparon dependiendo del tipo de desecho que necesita más espacio. Además, de acuerdo a la propuesta del procesamiento interno de los plásticos y la alta proporción que estos conforman, se asignó un espacio amplio para los mismos.

La operación y mantenimiento del CA se describió de una forma general, para que en su implementación se puedan definir los detalles específicos de la logística dentro del centro.

Se diseñó un registro de la entrega de materiales a terceros, para obtener la documentación debida de la periodicidad y así poder evaluar eventualmente el desempeño de estos terceros que han sido designados por la disposición final de los desechos, y determinar si existe alguna alternativa que ocasione menos impactos adversos al ambiente. Los terceros que las autoridades del ingenio seleccionen, deberán estar certificados para el procesamiento de dichos desechos.

3. Recolección y transporte. La redistribución de recipientes y ubicación de contenedores tomó en cuenta los criterios de cantidad generada de desechos sólidos y facilidad de acceso para el depósito de los mismos. Además se tomó en consideración el espacio disponible para realizar el traslado de desechos sólidos al vehículo recolector.

A continuación, se discuten las propuestas presentadas al momento de desarrollar el plan de acción para reorganizar las baterías y contenedores:

La propuesta de añadir un recipiente a una batería para depositar cierto tipo de desecho sólido de bajo porcentaje de generación adquiere relevancia, ya que existe la posibilidad que al momento de una persona no encontrar donde depositar dicho desecho, lo haga en otro recipiente contaminando el contenido del mismo. Se propuso intercambiar los basureros encontrados en los puntos de recolección por recipientes

identificados como “no clasificados”. Dicha acción promueve el uso de los demás tipos de recipientes. Esto se logra de la siguiente forma: Al identificar un recipiente bajo el nombre de no clasificado, se pretende motivar a las personas a evaluar primero si el desecho a depositar pertenece a alguna de las categorías existentes.

Se propuso el traslado de baterías con el fin de reducir tiempos de recolección y hacer más accesible la estación de transferencia, tanto para el personal recolector como para las personas en general.

Con la propuesta de uso de contenedores, un cambio de medio de transporte y ruta de recolección se pretende obtener beneficios no sólo económicos, sino también ambientales. Los beneficios económicos incluyen:

- Ahorro en consumo de combustible
- Ahorro en mano de obra empleada

El ahorro en consumo de combustible será el resultado de cambiar el vehículo recolector, de modificar la ruta de recolección, y de realizar menos paradas debido a la colocación de contenedores. El ahorro en mano de obra se verá reflejado en la transición de dos tractores a un camión recolector, ya que se pagaran únicamente dos salarios (chofer y ayudante de recolección). Además de esto, la disminución en el tiempo de recorrido derivará en una reducción de horas de trabajo del chofer y ayudante, y debido a que se les paga por hora, se tendrá como resultado un ahorro.

Por otro lado los beneficios ambientales consisten en el hecho de que los desechos orgánicos estarán siendo recolectados con mayor frecuencia y no se acumularan.

Se considera también como beneficio la obtención de orden y estandarización en el proceso de recolección y transporte con el objetivo de en futuro, optar a la certificación de la norma ISO 14,000.

La ruta de recolección comprendió dos áreas de interés, el tiempo empleado en la recolección y la distancia recorrida.

Dentro del análisis para definir la ruta de recolección se estableció que era necesario realizar dos recorridos, por ello se definieron dos horarios: matutino y vespertino. El primero deberá ser realizado en horario de 7:00 a 9:00 am. Mientras que el segundo iniciará su recorrido a las 2 pm, para terminar a las 4 pm. Ambos serán realizados de lunes a sábado.

El inicio del recorrido matutino fue definido tomando en cuenta el inicio de jornada laboral dentro de las áreas bajo estudio del ingenio. La primera media hora será destinada para revisiones de rutina de mantenimiento del camión recolector. De esta forma se logrará coleccionar los desechos generados desde la tarde del día anterior hasta los de esa misma mañana. Se definió un segundo recorrido en dicho horario, fundamentado en el hecho que tras la hora de almuerzo se generan gran cantidad de desechos orgánicos. Este tipo de desechos deben recibir particular atención, ya que de no ser recolectados a la mayor brevedad posible, daría como resultado la aparición de insectos y mal olor.

La ruta de recolección iniciaría en Obra Civil, ya que éste cuenta con un área techada donde estacionar el camión recolector. Se aseguró que el camión llegará a las áreas de consumo de alimentos al momento de finalizar la hora de desayuno.

Para el análisis financiero realizado, se debe aclarar, que la inversión sería absorbida por el Programa de Manejo de Desechos, independiente del Ingenio Magdalena, así como todos los costos presentados.

La propuesta tomó en cuenta dos cambios principales al método de recolección actual. El primero consistió en la adaptación de un vehículo recolector de acuerdo a las necesidades del proceso de recolección, siendo el factor más determinante el volumen de desechos generados.

El segundo cambio radicó en la transición de baterías en los puntos de recolección a contenedores. Dichos cambios conformaron la totalidad de la inversión inicial de la propuesta presentada.

El propósito de la propuesta era obtener ahorros en los aspectos de mano de obra y combustible de los vehículos utilizados. Como se puede observar en la gráfica, la mano de obra representa el mayor porcentaje de ahorro, esto debido a que el pago de salario por hora era el costo más elevado. Inicialmente se creyó que el mayor ahorro estaría en el consumo de combustible, debido al bajo rendimiento por galón de los tractores y al hecho que eran dos.

La depreciación fue aplicada únicamente al contenedor, pues consistiría en una nueva adquisición por parte del PMD. El monto a depreciar fue del 20%, el cual se determinó por medio de la ley de ISR.

Como parte de la propuesta se incluyó la implementación de un equipo de seguridad para la personal encargadas de realizar la recolección. Este equipo incluía un par de guantes para basura, una mascarilla y faja lumbar.

La TMAR se calculó basándose en el hecho que el proyecto sería implementando en un ingenio azucarero. Se obtuvo una TMAR de 11.54% y se comparó con la tasa interna de retorno, la cual fue de 54%, representando el retorno anual promedio que generaría la inversión. El criterio de aceptación consistió determinar si el valor de VPN era mayor a 0, en este caso fue de Q.Q80,267.33.

Por último, el período de recuperación de la inversión de la propuesta sería de 2 años, siendo este el punto en que el Programa de Manejo de Desechos empezaría a percibir los ahorros provenientes de las modificaciones propuestas en el método de recolección.

Se realizó un análisis de sensibilidad para evaluar el proyecto en escenarios distintos, considerando el cambio en alguna de las variables descritas. Se variaron los costos y ahorros anuales del proyecto en un rango de -50% a 50%.El proyecto siguió siendo económicamente factible, sin embargo cabe destacar que las variables que mayor impacto tienen en la Tasa Interna de Retorno son el costo de fabricación e instalación de contenedores y el ahorro en la mano de obra empleada. El rango de variación utilizado (-50% a 50%) fue establecido debido a la gran cantidad de factores que podían afectar a cada una de las variables estudiadas. Este amplio rango permite

también poder pronosticar, además de planificar acciones para necesarias en caso de cualquier escenario.

D. Disposición final de desechos

1. Aceites de Fusel. Dentro de la planta de alcoholes se observó un subproducto del proceso de destilación llamado aceites de fusel, éste como se ha mencionado anteriormente es utilizado en las calderas del ingenio como combustible, las mezclas se realizan no mayor de 30% en peso de este subproducto y son quemadas a 1000C pero esto lo realizan debido a que han investigado que otros usos le pueden dar.

Por tal motivo este proyecto también se basa en la propuesta de un método para la valorización de este subproducto. Con esto también se aplica la reutilización de productos de desecho dándoles valor, que es una de las ventajas que se tiene al aplicar procedimientos de manejo de desechos sólidos, en este caso en la planta de alcoholes.

Las principales ventajas desde el punto de vista económico que hacen interesantes a los aceites de fusel, son su rica composición e importante disponibilidad a muy bajo costo. Como se puede observar en la teoría este tipo de análisis es realmente nuevo y las composiciones de los componentes de los aceites de fusel son principalmente los alcoholes amílicos, isobutanol, agua, propanol y etanol. Los más interesantes en la industria actualmente, que pueden ser obtenidos de los aceites de fusel, son los alcoholes amílicos e isobutanol.

Esto puede ser aplicado en Guatemala donde se cuenta con muchos ingenios, que están entre los más grandes de Latinoamérica, que además de producir el azúcar producen también etanol que ha sido un producto obtenido de lo que antes se consideraba como desecho del proceso del azúcar (melaza) que al ser procesado se ha convertido en un producto de muy alto valor en el mercado mundial. Como se ha podido observar en la actualidad cada vez mas industrias buscan tecnologías renovables y de gran valor económico. En Guatemala en el periodo del 2002 al 2004 se importaron alcoholes amílicos, pero luego de este periodo ya no se importaron estos alcoholes. No

se tiene un conocimiento exacto de lo que pudo suceder, pero en base a las exportaciones se sabe que estos alcoholes se utilizaron en Guatemala, puede que se hayan utilizado para la producción de acetato isoamílico u otros productos, pero debido a los precios se pudo no seguir con el proceso, esto mismo ocurrió con el isobutanol aunque los datos sobre este alcohol en específico no se encuentra dentro de los registros del Banco de Guatemala, se trabajo con una categoría de Butanoles, al igual que los alcoholes amílicos estos solo se importaron en los periodos del 2002-2007.

Aunque en Guatemala actualmente no se esta utilizando estos compuestos, a nivel internacional se esta viendo un crecimiento en la obtención de isobutanol y los alcoholes amílicos. En Estados Unidos por ejemplo plantas que antes producían etanol están re direccionando su proceso a la obtención de isobutanol, por sus mayores aplicaciones. Por lo tanto en base a la producción de Bioetanol con que cuenta Guatemala y en específico los ingenios azucareros, la obtención de estos alcoholes tiene un gran impacto a nivel industria y económica, ya que se puede observar que es un proceso que se va a desarrollar en los próximos años.

En base a estas condiciones anteriores se propone una destilación discontinua o batch con reflujo utilizando un torre empacada, se aplica cuando los flujos de alimentación son relativamente pequeños, como en este caso, así como también a la diferencia de puntos de ebullición que existen entre los componentes a separar, además de todo se propone de esta manera ya que al ser por batch se pueden ajustar las condiciones de trabajo cuando las cargas de materia prima varían en su composición, en este caso el flujo que con que se cuenta es de 400L/día (33L/h), y las propiedades de los componentes. En donde se propone obtener los alcoholes presentes en los aceites de fusel de la planta de alcoholes del ingenio, los cuales son el alcohol isoamílico e isobutanol, que se comprobó están presentes en este subproducto.

Los equipos que se proponen como principales son: columna de destilación, tanque de alimentación encamisado (calderín), condensador total y el acumulador de reflujo. Con la configuración presentada con estos equipos se ahorra el uso de bombas para llevar la materia al punto de alimentación ya que se realiza desde el calderín por la vaporización del mismo. La obtención de los productos va ser de forma líquida esto

gracias al condensador total, por lo que se podrán almacenar en tanques sin muchas especificaciones, ni demás equipos auxiliares.

El diagrama de flujo que se presenta muestra todos los pasos desde la fermentación hasta la obtención de los dos alcoholes de interés. El proceso puesto comienza desde el primer tanque que es donde se realiza la recepción de los aceites de fusel, luego de este paso sigue el llenado del calderín, luego las operaciones necesarias para la destilación (dos fraccionamientos), recepción de los productos obtenidos en cabezas por medio continuo y las colas por medio del vaciado del calderín, estos contenedores se almacenan para su posterior venta o uso.

Si se trata de un proceso continuo, se necesita más de una torre de destilación, por lo que los costos de instalación, operación y mantenimiento aumentarían, debido a esto la configuración propuesta es más eficiente debido a que solamente se necesita de una columna de destilación, sobre todo es incensaría la implementación de una sistema continuo al procesar cargas relativamente pequeñas que varían de lote a lote.

Cabe mencionar que el principal producto actualmente por su valor en el mercado es el acetato isoamílico, que se obtiene reaccionando los alcoholes isoamílicos con ácido acético, esta reacción es conocida como esterificación, aunque el mercado del isobutanol como se observó, esta en pleno crecimiento.

El método propuesto se divide principalmente en dos fraccionamientos, el primer fraccionamiento tiene el objetivo de separar el etanol y 1-propanol del isobutanol y el alcohol isoamílico, el segundo fraccionamiento tiene como objetivo separa el isobutanol del alcohol isoamílico. Estas separaciones se logran debido a la selección de lo que se en la destilación multicomponentes se conoce como, clave pesado (HK) y clave ligero (LK), esta selección es de suma importancia ya que de esto dependerá hacia donde esta dirigida la separación, esta selección se hace en base a los puntos de ebullición de los componentes. En este caso en particular para el primer fraccionamiento el HK y el LK es el isobutanol y el propanol, y para el segundo fraccionamiento es el alcohol isoamílico e isobutanol, respectivamente. Estos compuestos dan el límite o separan los componentes en dos secciones, en base a los puntos de ebullición.

Los componentes que se van a obtener en el destilado (cabezas) del primer fraccionamiento son el etanol y 1-propanol, por lo tanto en el residuo (colas) queda el isobutanol y alcohol isoamílico, y para el segundo fraccionamiento en el destilado se obtendrá el isobutanol y en el residuo el alcohol isoamílico. En base a esto se realizó un balance de masa en donde se obtuvo un destilado para el segundo fraccionamiento de 49.11L con un porcentaje molar (fracción mol) de 84.21% de isobutanol y para el residuo de 282.57L al 99.22% de alcohol isoamílico, esto para una carga inicial de 400L de aceite de fusel. Cabe mencionar que este balance de masa es preliminar ya que son una proyección de lo máximo que se podría obtener, para obtener valores más reales es necesario el análisis más detallado del proceso de destilación en donde se toma en cuenta el diseño de la torre de destilación que para este caso queda fuera del alcance del proyecto en base a los objetivos planteados. Con estos volúmenes se realizó una proyección preliminar de lo que podrían ser los ingresos por la venta de estos alcoholes, el valor total es de Q127,278.53, este dato es aproximado ya que el valor de isobutanol se hizo con base en el 99-98% y para este caso es de 84.21% por lo que el valor total podría disminuir si no se le da un tratamiento posterior para aumentar su pureza.

Un factor que se debe tomar también en cuenta es que se van seguir obteniendo subproductos de este proceso de destilación (destilado del primer fraccionamiento), este destilado que contiene principalmente etanol, propanol y trazas de agua, puede seguir siendo utilizado como combustible de calderas como se ha realizado hasta ahora. Otra alternativa ya que si se busca eliminar esta quema es el tratamiento de este destilado para obtener ya sea etanol o propanol, para lo cual se tiene que realizar una investigación.

2. Biogás

a. Análisis de los desechos sólidos orgánicos de alimentos. Los análisis de sólidos totales, sólidos volátiles y relación carbono nitrógeno se realizaron para determinar el potencial de los desechos sólidos orgánicos del ingenio para producir biogás en un digestor anaerobio; el análisis de cromatografía de gases se realizó para confirmar la presencia de metano en el biogás producido y la densidad se obtuvo para caracterizar físicamente los DO procesados y no procesados.

Los desechos se almacenaron en un cuarto frío, a temperaturas oscilatorias debajo de los $7\pm 1^{\circ}\text{C}$, sin embargo, sí era necesario almacenar el efluente del biodigestor de excremento de cerdo o el excremento de vaca utilizado como inóculo en las pruebas de laboratorio, se almacenaron a temperatura ambiente. Debido a que las bacterias metanogénicas se inactivan a temperaturas muy bajas, un almacenamiento a bajas temperaturas o muy prolongado a temperatura ambiente pudo haber disminuido su actividad y por lo tanto su efectividad en su función como inóculo.

La densidad se obtuvo a partir de seis mediciones para cada tipo de desecho, ya que como lo que se manejó fue un semi-sólido, su densidad dependió directamente de cómo se dispuso la materia dentro del recipiente para medir densidad y cómo esto afectó la cantidad de masa que pudo contener dicho recipiente. Aunque el tamaño de partícula fue lo suficientemente pequeño para ser medida la densidad de bulto del semi-sólido, una medición en un recipiente con mayor volumen pudo haber disminuido el error y haber desplegado resultados representativos de la densidad de los desechos (no se utilizó un volumen mayor debido a que la cantidad de desechos para muestreo fue limitada). Fue necesario utilizar un recipiente sin tapadera, por lo que el volumen del recipiente se estableció en el límite de su estructura; la logística de la medición de la densidad pudo haber sido dificultada por la aplicación de un recipiente con tapadera, así como los resultados pudieron haber sido alterados, debido a que por la naturaleza de los desechos cierta cantidad de masa pudo haber quedado entre la orilla del recipiente y la tapadera misma.

La densidad de los desechos sólidos orgánicos procesados fue mayor que la de los no procesados, con valores de $1,064.44\pm 3.63\text{kg/m}^3$ y $1,000.81\pm 15.87\text{kg/m}^3$, respectivamente. Esto se debió a que los DO procesados conformaron una masa más compacta y los desechos orgánicos NP presentaron visiblemente intersticios en su estructura física. La variación de la densidad de estos desechos orgánicos procesados fue mínima entre muestras, en comparación a la de desechos no procesados. Dicha variación fue causada por la dificultad de reducir el tamaño de partícula de las cáscaras en el molino de cuchillas, por lo que trozos mayores de este tipo de desechos se incluyeron en las muestras analizadas.

Visualmente, los desechos P y NP se distinguieron no sólo por sus colores (que dependieron del desecho que se incluyó en cada muestra), sino por su consistencia. Se observó en los desechos no procesados, lo que se asumió como un alto contenido de humedad ligada, ya que estos lucieron más sólidos que los procesados, pero contenían menos sólidos totales. Esta misma humedad ligada realzó la necesidad de determinar la cantidad de agua que se le debía agregar a los desechos (cuando en el caso más inconveniente, los que se generen en el día en el ingenio sólo estén conformados por desechos no procesados), para que su consistencia permita la agitación que se planeó en la planta piloto, lo cual se discute más adelante.

Los resultados de la medición de sólidos totales de los desechos en la balanza de humedad, no dependieron únicamente del tipo de desecho que se utilizó como muestra, sino la homogenización de la misma; ya que luego de cierto tiempo el agua se separó de los desechos (fenómeno que también ocurrió en los reactores de la prueba de laboratorio, ver Figura No. 91, 92, y 93) lo que pudo haber causado resultados variantes. Mientras los sólidos totales de los DO P se encontraron en el rango que provee la literatura, con un valor de $32.73 \pm 4.84\%$, los sólidos totales de los desechos orgánicos NP fueron significativamente más bajos, con un valor promedio de $10.55 \pm 1.69\%$. Este valor dificultó las pruebas de laboratorio, ya que inicialmente se estableció realizar la prueba con un 20% de los sólidos totales de acuerdo a Froster-Carneiro (2008), pero esto hubiera significado que para que los DO no procesados llegasen a este valor se tuvo que haber eliminado una porción de agua de los desechos. Esta fue la razón por la cual se estableció que un valor de 8% de sólidos totales en los reactores de las pruebas a nivel laboratorio sería satisfactorio, ya que este valor también está incluido en la operación normal de diferentes plantas piloto.

A falta de un equipo propio del departamento de ingeniería química, el análisis de sólidos volátiles se realizó en diferentes locaciones de la Universidad del Valle de Guatemala utilizando diferentes balanzas analíticas, lo cual seguramente alteró los resultados de los sólidos volátiles presentes en los desechos. Estos resultados se compararon con los resultados desplegados como materia orgánica (MO) por el laboratorio que realizó los análisis de relación carbono-nitrógeno (la totalidad de los resultados desplegados en la Tabla No. 100 se obtuvieron por medio de un laboratorio de análisis). Se utilizaron los datos calculados de sólidos volátiles por su rápida

disposición en comparación a los resultados de los cuales el laboratorio de análisis fue responsable.

Un porcentaje de sólidos volátiles mayor a 85-90% es satisfactorio al evaluar un material como sustrato para la digestión anaerobia. Este valor indicó que los DO procesados y no procesados contenían la suficiente cantidad de materia orgánica para que el proceso de formación de biogás se pudiera llevar a cabo. Aún los valores de laboratorio están un poco más alejados del rango esperado, sin embargo se consideraron satisfactorios porque su desviación fue relativamente baja y en caso se pudo analizar más muestras, lo más probable es que la media aritmética también se encontrara en un valor esperado.

La relación promedio C/N de los desechos fue de 34.85 ± 1.20 para los desechos procesados y 39.35 ± 3.46 para los desechos no procesados. Aunque estos valores se encuentran afuera del rango recomendado (entre 20 y 30), todavía se consideran aceptables para utilizar estos desechos como sustrato para la producción de biogás. Para ajustar este valor y acondicionar el sustrato a las condiciones óptimas se puede estudiar la viabilidad de tratar las aguas grises del ingenio en el reactor anaerobio, para que éstas sean fuente de nitrógeno para el sistema, y de esta manera disponer de ambos tipos de desechos para la generación de biogás y causar un menor impacto ambiental.

El pH de los desechos osciló de 4 a 5.2, este rango se encuentra fuera del óptimo teórico de operación de un biodigestor. En la prueba de laboratorio se determinó por medio de papel pH que el valor fue de 7, la adición del efluente del biodigestor y el inóculo pudo haber aumentado este valor y reguló el valor del pH.

Debido a que no se conoció el posible valor del pH en la planta piloto de biogás, se debe considerar en la operación, una regulación del pH y alcalinidad por medio de adición de una base o bicarbonatos al sustrato previo al ingreso al biodigestor.

En adición al alto potencial de los desechos sólidos orgánicos del ingenio para producir biogás, el detector de llama comprobó la presencia de metano en el biogás en los primeros 6 a 9 días de la fermentación. No se cuantificó el porcentaje de metano en

el biogás por falta de recursos para adquirir un estándar, fue por esto que los datos originales de la cromatografía se desplegaron como áreas (el resultado de la cromatografía son picos con una altura y ancho definidos, por lo tanto un área establecida). Debido a que se detectaron los compuestos con dos detectores diferentes, y no existió una cuantificación de los resultados, la comparación entre los resultados de ambos tipos de detectores no consideró prudente.

Aunque no se obtuvieron los estándares, el tiempo de retención propio de los compuestos en cuestión (CH_4 y CO_2) en la columna cromatográfica se aseveró porque el laboratorio de análisis donde se realizaron las pruebas manejó con anterioridad muestras de biogás de otras procedencias, y el pico del tiempo de retención del metano se registró en el mismo tiempo en el detector de ionización de llama (por sus siglas en inglés FID) alrededor de los 2 segundos (Figura No. 95). El dióxido de carbono se detectó en el detector de conductividad térmica (por sus siglas en inglés TCD), introduciendo una muestra del gas exhalado por una persona, el cual contenía en su mayoría dióxido de carbono y el tiempo de retención de éste fue alrededor de 1.8 segundos. La comparación entre tiempos de retención de las corridas de referencia se utilizó para realizar un análisis cualitativo del biogás producido con los DO del ingenio, con el cual se determinó la presencia de metano en el biogás.

Se identificó un pico que probablemente represente al sulfuro de hidrógeno, realizando una comparación de tiempos de retención esperados con la misma columna utilizada (Figura No. 97) y los resultados de la cromatografía (Figura No. 96), donde los tiempos de retención fueron 2.5 y 2.36 respectivamente. Ambos tiempos de retención bastante cercanos, permitieron concluir la posibilidad de haber detectado el H_2S , lo cual concordó con el olor a cebolla que se obtuvo en el biogás. La posible presencia de sulfuro de hidrógeno se detectó con el TCD, por lo que se pudo comparar el área obtenida con la del dióxido de carbono; en los reactores B y C el sulfuro fue siempre mayor y en el reactor F el dióxido de carbono tuvo una proporción mayor. Esta diferencia pudo haber sido causada por una variación en la ruta metabólica en la producción de biogás o por el tipo de sustrato comprendido en cada reactor.

El objetivo de la prueba de laboratorio fue comprobar la producción de biogás con los desechos sólidos orgánicos del ingenio y determinar qué combinación de desechos P/NP era la más adecuada. Se utilizaron proporciones másicas de 1:0, 1:1 y 0:1.

La prueba de laboratorio se llevó a cabo en reactores con un mismo volumen y con las mismas condiciones ambientales. El requerimiento de un mismo volumen se estableció para poder comparar los resultados del desempeño de los tres tipos de sustrato en el mismo proceso de fermentación. Por esto, las mezclas se prepararon en un recipiente separado, para poder depositar un mismo volumen en todos los reactores, además se necesitó una mayor cantidad de desechos para poder muestrear y obtener las características de cada reactor.

El efluente del biodigestor anaerobio de excremento de cerdo se utilizó como agua y no como inóculo debido su baja concentración de sólidos totales, pero se adicionó igualmente por su alto contenido de microflora metanogénica, necesaria en la digestión anaerobia (y por lo tanto en la prueba piloto). Sin embargo, esta misma utilidad causó que los resultados entre los tipos de reactores no se pudieran comparar y no se pudiera comprobar qué tipo de mezcla era la óptima para la alimentación de la planta piloto, ya que cada uno de ellos tuvo diferente concentración de este tipo de bacterias por lo que su desempeño no fue igual. Indistintamente, la proporción a agregar en la planta piloto, se determinó que no se podía controlar en el ingenio, y que usualmente la producción de desechos sólidos orgánicos procesados es mayor.

El excremento de vaca se utilizó como inóculo en los biorreactores por su alto contenido de sólidos totales y por la presencia de bacterias metanogénicas. De acuerdo a Kasisira y Muyiyya (2009), una mezcla con proporción de 1:1 de excremento de cerdo y excremento de vaca fue lo óptimo para un biodigestor mesofílico, además, sólo con el excremento de cerdo se tuvo un mejor desempeño que únicamente con el excremento de vaca, por lo que esto fue lo más recomendable para usar en la prueba de laboratorio. Por la falta de fuentes directas de excremento de cerdo no se pudo llevar a cabo esto.

Teóricamente los desechos con alto contenido de lípidos no sólo producen una mayor cantidad de biogás sino un biogás con una mayor proporción de metano (de mejor calidad). Aunque la proporción mayor se pudo comprobar en las mezclas de los

reactores con porciones de sólidos orgánicos procesados (ricos en grasas) por medio de la cromatografía, las cantidades de generación de biogás fueron significativamente menores. Tampoco se pudo comprobar el desempeño de los lípidos debido a las condiciones diferentes en cada reactor como se discutió anteriormente.

El valor inicial esperado de sólidos totales de 8% no coincidió con el valor final de los reactores, debido a que para el cálculo de este primer valor, se consideraron valores diferentes de sólidos totales para los desechos y el inóculo, por lo que éste afectó este parámetro en la mezcla.

Al comparar los resultados de sólidos totales medidos experimentalmente con la balanza de humedad (Tabla No. 106) y los resultados de sólidos totales teóricos de acuerdo a las fracciones másicas en cada reactor (Tabla No. 134), ambos valores difirieron. El almacenaje de las mezclas en el cuarto frío con bajas temperaturas y humedades en el ambiente, sin aislamiento del medio, causó que existiera una transferencia de masa entre las mezclas y el ambiente, por lo que los resultados experimentales medidos con la balanza de humedad desplegaron valores más altos.

La Tabla No. 14 indicó que los desechos sólidos orgánicos ascienden a más de 30,000kg (30ton) de desechos por período (mantenimiento o zafra). Aunque parezca que esta cantidad de desechos es justificable por la cantidad de empleados que tiene el ingenio, al tomar las muestras de desechos orgánicos que observó que estos se producían por el exceso de producción de alimentos y el desperdicio directo de los empleados. Se encontraron melones y papas enteras maduras, e inclusive se halló un tenedor de metal en los desechos. La inversión económica en alimentos es elevada, y seguramente este desperdicio desmedido implica un costo considerable al ingenio.

El dimensionamiento de la planta piloto se realizó de acuerdo al período de zafra 2011-2012 (conformada por la recolección de DO en 166 días), ya que es la época más alta de producción de desechos sólidos orgánicos del ingenio. De acuerdo a la Figura No. 87, entre el intervalo de 769.47-874.34kg/día se da más comúnmente la producción de desechos sólidos, por lo que el límite superior de este intervalo se tomó para dimensionar la planta piloto.

Por medio del análisis de las frecuencias en las que las proporciones de desechos procesados (en intervalos de 5%) surgieron diariamente en el ingenio, en los períodos de reparación 2011-2012 y 2012-2013, y zafra 2011-2012 (con un total de 342 días de recolección de desecho orgánico), se determinó la proporción de desechos procesados más probables diariamente. De acuerdo a la Figura No. 88, las proporciones másicas generadas más frecuentemente fueron en promedio 68% y 98%, debido a que la obtención de la proporción promedio de desechos implica todos los días analizados, se realizó un promedio ponderado para determinar una proporción diaria promedio de 75.88% de desechos procesado y 24.12% de desechos no procesados. Con estas proporciones másicas se calcularon las propiedades del sustrato, por medio de un promedio ponderado de los resultados de los análisis, estas cantidades se muestran en la Tabla No. 41.

La proporción desecho/agua (D:Ag) para los desechos no procesados se determinó por medio de la experimentación y la determinación de los sólidos totales para cada una de las proporciones analizadas (0, 0.5, 1 y 2), con el objeto de lograr una consistencia adecuada para el transporte del sustrato en la planta piloto de biogás. La Figura No. 94 es una imagen de esta prueba. Se realizó el análisis únicamente para desechos no procesados debido a que una alimentación para el biodigestor compuesta únicamente por NP representaría un caso crítico, en donde su transporte se dificultaría (por su oposición a fluir) y la cantidad de sólidos totales de la alimentación sería muy baja. Se determinó que la proporción ideal sería de uno (1), debido a que un aumento de ésta representaría una disminución significativa de sólidos totales en el afluente del biodigestor, con la proporción promedio de desechos NP y P, una relación D:Ag de 1:1 lograría teóricamente un porcentaje de sólidos totales de $13.69 \pm 1.85\%$; este valor y esta proporción se encontraron dentro de lo utilizado frecuentemente en las plantas piloto de biogás, sin embargo, están sujetas a cambios de acuerdo a una optimización de la operación de la planta piloto. La Figura No. 89 demostró que la variación de los ST respecto a la proporción de agua agregada, teórica y experimentalmente fue diferente, mostrando una disminución mayor la cantidad de sólidos totales teóricos que la experimental.

De acuerdo al flujo másico establecido y a las propiedades de los desechos a manejar (que incluyen huesos y trozos grandes de residuos), se recomendó un triturador de cuchillas marca Starind de 10 caballos de potencia. La marca puede variar, pero con la suposición que el procesamiento de los desechos se realiza en cuatro horas, se necesita un triturador de cuchillas con una capacidad de 200kg/h, y que reduzca el tamaño de partícula hasta lograr una pulpa (para que ésta sirva como alimentación de la planta piloto de producción de biogás).

Una pieza de metal en los desechos sólidos orgánicos, al utilizar el triturador de cuchillas, puede llegar a descomponer el equipo, lo cual representaría miles de quetzales en pérdidas por falta de conciencia y educación de los empleados del ingenio, por lo que la adecuada clasificación del material, para no incluir compuestos inhibidores o que dañen el equipo, son trascendentales para la operación del biodigestor.

b. Sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás. Primero se determinó el método para mantener una temperatura de 35°C el medio de reacción. Se eligió utilizar calentadores sumergibles para pecera debido a que estos tienen integrado un termostato que permite mantener una temperatura constante. Se eligieron calentadores de 200W, ya que estos estaban diseñados para peceras de mucho mayor volumen de agua que la que se calentó en el experimento. Ya que se compraron calentadores sumergibles, evidentemente se utilizó baño de maría para calentar los reactores.

Aunque los calentadores eran capaces de elevar la temperatura del agua hasta 35°C, estos contaban con un área de contacto muy pequeña, lo que hacía que se formara un amplio perfil de temperaturas en el baño de maría, por lo que la temperatura dentro de los reactores variaba con la posición. Para solucionar lo anterior se diseñó un sistema de cascada con recirculación de agua. Se colocaron tres cajas de plástico (baños de maría) a diferente nivel del suelo (como muestra el esquema de la figura No. 79) para que el agua de la caja más alta cayera a la caja de altura media y el agua de ésta última cayera hacia la caja más abajo. El diseño anterior requirió de la adición de una bomba centrífuga de $1.86 \times 10^{-4} \text{W}$ (0.25hp) para recircular el agua de la caja más baja hacia la caja más alta y de estructuras soldadas de hierro para proveer elevación a dos de las cajas. Por medio del diseño de cascada y recirculación de agua fue posible

resolver el problema del perfil de temperatura a través del baño de maría, ya que el flujo de entrada y salida de agua de una caja hacia otra creaba turbulencia y agitación, obteniendo como resultado una temperatura homogénea.

Fue necesario añadir mangueras para transferir el agua entre cajas, ya que si se permitía una caída libre de agua sin manguera, ésta tenía contacto con el aire antes de llegar a la siguiente caja, causando un efecto de enfriamiento debido a la evaporación de una pequeña porción del agua. Además, se construyeron cajas de poliestireno expandido para aislar las cajas que sirvieron de baño de maría. La adición de este aislante fue necesaria debido a que no se lograba alcanzar la temperatura deseada en los reactores debido a las pérdidas de calor al ambiente por falta de aislamiento térmico.

Una vez diseñado el sistema para mantener a 35°C los reactores, se determinó el método para medir la producción de biogás. En un principio se pensó en globos, pero estos tienen el inconveniente de no ser impermeables y de no poder obtener el volumen de forma directa. Finalmente se decidió utilizar el principio de desplazamiento de agua, ya que es sencillo de utilizar, se obtienen medidas directas de volumen de biogás y el biogás se mantiene a presión atmosférica. Se utilizaron botellas de PET invertidas de 0.002m³(2L) llenas de agua para recolectar el biogás por desplazamiento de agua. Un inconveniente del método de desplazamiento de agua es que el agua tiene la capacidad de absorber el CO₂, sin embargo, las botellas se llenaban de agua diariamente después de la medición de biogás, por lo que el tiempo de contacto entre el biogás y el agua fue muy poco como para lograr una absorción apreciable por difusión molecular. Para obtener medidas directas del volumen de biogás, el volumen de las botellas de PET se calibró con agua cada 0.0001m³(100mL), de esta forma bastó con ver las marcas para anotar el volumen.

Finalmente se determinó el recipiente a utilizar como reactor. Esta etapa fue la más problemática, debido a que hubo necesidad de realizar tres diseños diferentes, ya que los primeros dos no funcionaron. En el primer diseño se utilizaron recipientes de polietileno de alta densidad de 0.003785m³ (1 galón) de capacidad. Los recipientes se sellaron con tapones roscados con teflón que tenían una salida para biogás. Aunque se obtuvo producción de biogás de cuatro reactores los primeros días, la producción paró por completo al tercer día. Estos reactores tenían dos deficiencias: 1) algunas tapaderas

roscadas no eran propias del recipiente y no era posible sellarlos correctamente y 2) los recipientes eran de químicos desinfectantes y de material que acumula fácilmente los contaminantes (polietileno de alta densidad), dejando sustancias tóxicas para las bacterias en el medio de reacción.

En el segundo diseño se utilizaron latas de pintura de 0.003785m^3 (1 galón) como reactores. En ese momento se creyó que la razón del fallo del primer experimento fue que los reactores no estaban herméticamente cerrados, según pruebas de fuga sumergiendo los reactores en agua, por lo que se aplicó Poxipol® a las orillas de las tapaderas de las latas y se martillaron para cerrar los reactores. Al colocar los reactores bajo agua no se observaron burbujas de aire, por lo que el problema de la hermeticidad había sido resuelto. En esta prueba sólo dos reactores produjeron en un principio, pero al segundo día la producción paró por completo. Al abrir los reactores, se observó que en las paredes y tapadera se podían observar pequeños restos de pintura o barniz seco, actuando como inhibidores ante las bacterias.

En el tercer diseño se utilizaron recipientes de vidrio de reactivos. Se eligió este diseño debido a que es fácil remover los contaminantes presentes dentro de un recipiente de vidrio y a que se podía sellar fácilmente con un tapón de hule horadado. Los recipientes se lavaron profundamente con jabón y posteriormente se lavaron durante 15 minutos con vapor de agua. Se colocaron las mezclas en los reactores y se sellaron con un tapón horadado por el cual pasaba una manguera de 0.0047625m (3/16"). A las pocas horas, ya se tenía producción de biogás en todos los reactivos.

Existen dos tipos de desechos de alimentos: procesados y no procesados. Los procesados se refieren a los alimentos que fueron cocinados, mientras que los no procesados a los que no fueron cocinados. De acuerdo a la literatura, se pueden producir grandes cantidades de biogás con una mezcla de ambos desechos de alimentos, por lo que con este experimento sólo se pretendía determinar si existía diferencia entre la fermentación de una mezcla y la fermentación de los desechos "puros", y obtener datos de la cinética de reacción para diseñar la planta piloto. Por esto se elaboraron tres sustratos diferentes: 1) 100% desechos orgánicos procesados (reactores A y B), 2) 100% desechos orgánicos no procesados (reactores E y F), y 3)

una mezcla 50 – 50% (reactores C y D) y el experimento se realizó en duplicado. A ambos se les agregó estiércol de vaca como. En vez de agua, a los reactores se les agregó efluente del biodigestor de una granja, para aumentar la cantidad de bacterias presentes en el reactor y asegurar una buena inoculación.

En la Figura No. 23 se puede observar la velocidad de producción de biogás con respecto al tiempo de fermentación para los tres tipos de sustrato. Estas velocidades de producción eran promedio para el intervalo de tiempo en que se llenaron las botellas PET. Como muestra la gráfica, los primeros días la producción de biogás fue muy baja. Esta tendencia se mantuvo a lo largo de toda la fermentación para los reactores A, B, C, y D, pero la producción en los reactores E y F empezó a aumentar a partir del día cuatro. Experimentalmente se ha determinado que la velocidad de reacción en una fermentación anaeróbica es máxima en el primer día y va disminuyendo con el transcurso del tiempo, debido a que la concentración de los reactivos va disminuyendo. El que no se haya obtenido un máximo de velocidad al principio se puede deber a dos factores: 1) la inoculación fue ineficiente y hay un período de reproducción de las bacterias al principio, 2) se tiene presente un inhibidor en el medio de reacción. La inoculación ineficiente es poco probable, ya que los reactores A, B, C, y D tenían una alta proporción de efluente de un biodigestor, lo cual aseguraba una inoculación óptima, y, aun así, se obtuvo una producción muy baja de biogás en estos reactores. El segundo factor puede explicar la gráfica más satisfactoriamente y es probable que sea el motivo de la baja producción para los reactores mencionados. La preparación de los sustratos se realizó exactamente de la misma manera, y lo único que cambió entre sustratos fue la cantidad de agua agregada (efluente de biodigestor). La cantidad de efluente de biodigestor agregada a los desechos no procesados fue mínima, ya que los sólidos totales de estos desechos son bajos, mientras que a los otros sustratos se les agregó una cantidad considerable. La muestra de efluente del biodigestor de la granja fue proveída en una caneca de la granja, ya que por cuestiones de bioseguridad, no se pudo utilizar un recipiente propio. Esta caneca pudo haber estado contaminada con alguna sustancia inhibidora, como desinfectante o bactericida, obteniendo el resultado presentado. Se cree que debido a que la cantidad de efluente agregado a los desechos no procesados fue tan baja, la concentración del inhibidor disminuyó hasta un punto en el que las bacterias pudieron trabajar óptimamente, mientras que debido a que en los

otros reactores se utilizó gran cantidad de efluente, no fue posible disminuir la concentración de inhibidores a valores despreciables.

Luego de la disminución de la concentración del inhibidor en los reactores E y F, la velocidad de producción tuvo un máximo alrededor de las 210 horas (9 días), después de esto la velocidad fue disminuyendo progresivamente conforme se agotaban los reactivos. La disminución de la velocidad también se puede apreciar en la figura No. 24, ya que desde el día nueve se observa que la pendiente de la curva va disminuyendo, lo que indica una menor velocidad de producción de biogás. En los últimos días se puede observar que la pendiente es considerablemente menor que en los días intermedios, debido a que, como ya se mencionó, la concentración de reactivos va disminuyendo.

Los volúmenes medidos de biogás se corrigieron debido a que las condiciones experimentales fueron diferentes a las condiciones del ingenio. Se utilizó la Ley de los Gases Ideales para corregir por temperatura y por presión, ya que en las condiciones de operación, el factor de compresibilidad es aproximadamente igual a la unidad.

Por motivos de tiempo no fue posible monitorear la reacción hasta que la producción de biogás fuera nula (aproximadamente un mes), sin embargo, se determinó la cantidad de biogás producida por kilogramo de sólido volátil (llamado potencial de producción de biogás) a los 19 días, para comparar con los resultados de otros experimentos.

El potencial obtenido de la prueba fue $0.411 \pm 0.013 \text{m}^3/\text{kg VS}$ a 35°C y 451.22h de fermentación. Según El-Mashad & Zhang (2010), el potencial de producción de biogás de los desechos de alimentos es $0.520 \pm 0.32 \text{m}^3/\text{kg VS}$ a 35°C y 480h de fermentación. La discrepancia entre los resultados se debe principalmente a diferencias en la composición del sustrato, diferente tiempo de fermentación y a la baja producción de biogás los primeros días. Debido a que los reactores utilizados para realizar la experimentación operaban por lotes, la producción de biogás varía con el tiempo. En la planta piloto se espera que la variación de producción de biogás con el tiempo sea casi despreciable, ya que se cuenta con una alimentación semi-continua.

Existen diversas posibles fuentes de error en la toma de los datos experimentales. Las mediciones de temperatura se hicieron solamente una vez al día y todas la veces a aproximadamente la misma hora (en la tarde), por lo que a diferentes horas la variación de temperatura pudo haber sido mayor. La bomba centrífuga dejó de funcionar unos días antes de finalizado el experimento, por lo que no todo el reactor se encontraba siempre a 35°C. También, la mezcla dentro del reactor no era homogénea debido a que no había agitación constante dentro del recipiente (los reactores sólo se agitaban manualmente una o dos veces al día), por lo que la transferencia de masa estaba poco favorecida y pudo haber secciones del reactor en la que los nutrientes estaban más concentrados que en otras. Adicionalmente, debido a la imposibilidad de monitorear la producción de biogás dos fines de semana, los valores para los reactores E y F de esos días se debieron interpolar. Finalmente, fue necesario aproximar la temperatura del biogás recolectado. Ya que el reactor se mantenía a aproximadamente 35°C y la temperatura del ambiente era aproximadamente 22°C, se asumió que la temperatura del biogás recolectado era el promedio de ambas temperaturas. Este método, aunque no provee un dato exacto, da una mejor aproximación que si se hubiese tomado una temperatura en el extremo del rango para realizar la corrección de temperatura para las condiciones del ingenio.

c. Sistema a nivel planta piloto para la producción de biogás. Debido a que no fue posible monitorear la fermentación por más días y a los problemas de los primeros días, se tomó la decisión de tomar el valor del potencial de producción de biogás de El-Mashad & Zhang (2010). De acuerdo a ellos, la velocidad de reacción disminuye considerablemente después de los 25 días, por lo que se interpoló el potencial de producción de biogás entre los días 20 y 30 para obtener el potencial con un tiempo de retención de 25 días.

La prueba de El-Mashad & Zhang se realizó a 35°C, mientras que la temperatura promedio en el ingenio es 27°C, por lo que fue necesario realizar una corrección. La Ley de Arrhenius permite relacionar el tiempo de reacción con la temperatura, y conociendo la temperatura en dos estados y el tiempo de reacción en uno de los estados, se puede determinar el tiempo de reacción del segundo estado. De acuerdo a Ngozi-Olchi, et al. (2010), la energía de activación de la digestión de desechos de alimentos es 30080

J/mol, por lo que con la aplicación de la Ley de Arrhenius, el tiempo de retención a la temperatura del ingenio es 34 días.

En la Tabla No. 45 se presenta el balance de masa del biodigestor. La cantidad de desechos disponibles diariamente es alrededor de 874.34 kg, por lo que se utilizó ese valor para el balance de masa. La prueba de laboratorio fue realizada a alrededor de 11% de sólidos totales, lo cual da como resultado que la proporción de agua y desechos en la mezcla sea aproximadamente 1:1. Para lograr que la relación fuese exactamente 1:1, se elevó el porcentaje de sólidos a 13.69% y de esa forma facilitar la preparación de la mezcla para alimentar el biodigestor. En el balance de masa se asumió que la única fuente para producir biogás son los sólidos volátiles de los desechos. Esto no es cierto, ya que también se consume agua para producir biogás, pero ya que la cantidad de agua que reacciona es muy pequeña en comparación a la cantidad de desechos que reacciona, la suposición da una buena aproximación. Según el balance de masa, el flujo más grande es el del efluente, con $1592.02 \pm 32.38 \text{ kg/día}$. Ya que el efluente es una cantidad considerable, se debe buscar un método para aprovecharlo. La solución es someter los sólidos al proceso de compostaje para utilizar el producto como fertilizante, ya que los desechos no se degradan completamente en el biodigestor y en el compostaje se terminan de degradar para producir nutrientes para las plantas.

Del balance de masa se obtuvo que se pueden producir $156.66 \pm 13.05 \text{ kg/día} = 133.23 \pm 11.10 \text{ m}^3/\text{día}$. Ya que la Cocina Industrial del ingenio utiliza 0.2650 m^3 (70 galones) diarios de propano para cocinar los alimentos, el porcentaje de propano que se puede sustituir por biogás es $41.58 \pm 3.46\%$, lo cual representa un porcentaje considerable.

El resultado del diseño del biodigestor se presenta en la figura No. 81. Las dimensiones se calcularon para poder utilizar el total de desechos orgánicos de alimentos disponible y así aprovechar su energía y no emitir metano a la atmósfera, ya que la descomposición de estos en un relleno sanitario produce este gas, el cual tiene un efecto invernadero alrededor de 20 veces mayor que el dióxido de carbono. Además, con la digestión anaeróbica se aprovecha todo el potencial de los desechos orgánicos, ya que se produce un combustible y a la vez, con el subproducto de la digestión de puede realizar compost para utilizarlo como fertilizante. Se eligió el ladrillo común

(tayuyo) como el material de construcción del biodigestor, ya que éste es barato, fácil de adquirir, y es un muy buen aislante térmico, y esta última característica es de especial importancia para que no haya cambios bruscos en la temperatura dentro del biodigestor, ya que las bacterias metanogénicas son muy sensibles a estos. Debido a que el ladrillo común es muy poroso, es necesario que se le aplique cernido y pintura a base de polímero para que no existan fugas. El reactor cuenta con dos partes: 1) parte líquida y 2) parte gaseosa. La parte en donde está la parte líquida es de sección transversal trapezoidal para que la mezcla fluya más fácilmente a través del reactor y es la parte en donde se da la fermentación, mientras que la parte gaseosa tiene sección transversal elipsoidal, para distribuir homogéneamente la presión del biogás. La parte gaseosa ocupa el 25% del volumen total del reactor y tiene como propósito brindar un espacio para que sea posible la formación de biogás.

Las Tablas No. 47 y 48 muestran las dimensiones de los taques de alimentación y salida. El tanque de alimentación se dimensionó para que pudiera contener la mitad del volumen diario de mezcla que se alimenta, ya que el biodigestor se va a alimentar dos veces por día. El tanque de salida se dimensionó para albergar el volumen diario de alimentación, ya que el volumen que se alimenta es también el volumen de salida. El tanque de salida no se sobredimensionó para que el lodo esté siempre al ras, de forma que el volumen de salida será el mismo que el alimentado. Ya que la única agitación existente es el movimiento de entrada y salida de sustrato, se espera que gran parte de los sólidos se sedimenten. Por este motivo se dio una pendiente de 6° a la base del biodigestor, de forma que los sólidos fluyan. Ya que inevitablemente existirá acumulación de sólidos al final de biodigestor, se colocó una purga de 0.254m (10") de diámetro para extraer lo sólidos cada vez que sea necesario.

El biogás producido se acumula en reservorios. Es práctica común tener capacidad de almacenamiento del 50% de la producción diaria de biogás. Conforme el biogás se va acumulando en un reservorio, la presión en el biodigestor va aumentando, haciendo que los niveles de líquido en la entrada y salida se incrementen. Para evitar este problema se necesita mantener la presión del biogás constante, lo cual se logra por medio del uso de reservorios de techo flotante. En este tipo de reservorios, existe un contrapeso móvil ejerciendo presión sobre el biogás. El contrapeso se eleva conforme el volumen de biogás dentro del reservorio aumenta, haciendo que la presión se mantenga

constante, y la magnitud de la presión depende de la masa del contrapeso. Para diseñar este sistema se eligió una lona de polietileno de alta densidad para almacenar el biogás, ya que es flexible y resistente. Para proteger la lona y dar estabilidad al contrapeso, la lona se colocó dentro de un tanque de acero. Tanto la lona como el tanque tienen forma cilíndrica y se colocaron verticalmente. El contrapeso tiene sección transversal circular para que se pueda mover a lo largo del tanque y se utilizó concreto como material de construcción, ya que es altamente denso y un pequeño volumen tiene un gran peso. Si se diseñaba sólo un reservorio, la masa del contrapeso era demasiado grande y podía causar problemas. Se diseñaron cuatro reservorios con techo flotante de la misma capacidad para que el contrapeso tuviera una masa más manejable.

El biogás suele contener pequeñas cantidades de H_2S . Este compuesto se debe remover debido a que es corrosivo, es tóxico en altas concentraciones y tiene mal olor. Se eligió el método de la adsorción química de H_2S en óxido de hierro para purificar el biogás debido a que es un método efectivo y fácil de utilizar. De acuerdo a Arnold & Stewart (1999), los criterios que se deben tomar en cuenta para elegir el diámetro de la torre de adsorción son: tiempo de contacto con el lecho empacado, tiempo de disipación del calor de reacción, canalización del biogás y caída de presión. Existen ecuaciones experimentales que toman lo anterior en cuenta y se calculó el diámetro del adsorbedor con base en éstas. La altura también tiene restricción, ya que ésta debe ser al menos de 3.05m (10ft) para remover adecuadamente el H_2S . Tomando en cuenta las restricciones se obtuvo que el diámetro y la altura del lecho empacado son 0.2794m (11 pulgadas) y 3.05m(10 pies), respectivamente. Estos valores que cumplen con las restricciones dan como resultado que el tiempo de saturación de la torre sea de 26 ± 2 días, lo cual significa que se debe detener la operación de la torre cada 26 días para regenerar el óxido de hierro. Ya que la producción de biogás es continua, se diseñaron dos adsorbedores de modo que funcionen alternadamente. Debido a la acumulación de azufre en los adsorbedores y su pérdida de capacidad para adsorber, Arnold & Stewart (1999) recomiendan regenerar el óxido de hierro como máximo 10 veces, después de eso, se debe cambiar todo el lecho empacado. Para poder regenerar el material de empaque sin necesidad de desarmar la torre, se colocó una entrada y una salida de aire. La regeneración se debe realizar con un flujo bajo de aire, ya que es exotérmica y el punto de ignición del azufre se puede alcanzar. El material que se eligió como adsorbente fue viruta de hierro oxidada, ya que es fácil de adquirir y contiene óxido de

hierro. Se estimó que la caída de presión a través del lecho empacado es $2.06 \pm 0.17 \text{ Pa}$. La caída de presión es considerablemente baja debido a que la velocidad del biogás en el adsorbedor es baja debido al diámetro del mismo. Debido a falta de datos de la literatura, se tomó un valor alto para la constante de proporcionalidad entre la caída de presión y el flux másico, de forma que es altamente probable que la caída de presión sea aun menor.

Después del adsorbedor debe haber una trampa de agua para remover el agua condensada. La trampa de agua se debe colocar después del adsorbedor porque el adsorbente necesita contener cierta humedad, la cual se obtiene del vapor de agua presente en el biogás. La entrada de biogás en el adsorbedor debe ser por la parte superior del mismo para que conforme condense el agua, ésta vaya humedeciendo la viruta metálica al caer por gravedad a través de la torre.

El éxito en la producción de biogás en la planta piloto depende en gran parte de la iniciación de la digestión. La fermentación anaeróbica no se puede iniciar directamente con los desechos de alimentos, ya que estos no contienen las bacterias metanogénicas que se necesitan para la producción de metano. Por esto, es necesario operar la planta exclusivamente con estiércol durante los primeros dos meses, de forma que las bacterias se reproduzcan y exista gran población de las mismas al momento de empezar a digerir los desechos de alimentos. Si no es posible utilizar estiércol para operar la planta dos meses, el sistema se puede inocular por medio de lodos del efluente de otros biodigestores. Se espera que los valores de producción de biogás fluctúen en el tiempo debido a la variación en la composición de los desechos y a que la operación de la planta es semi-continua por ser alimentada sólo dos veces por día, sin embargo, esta situación no es nueva y existe una gran cantidad de casos registrados en los que esto no afecta la utilidad de un biodigestor.

Se analizó la factibilidad del montaje de la planta de producción de biogás en el ingenio azucarero, ubicado cerca de la cocina industrial ya que esta sería la usuaria de todo el combustible producido. Esto se hace con el plan de poder sustituir ya sea parcial o totalmente el gas LPG por biogás. Después del análisis económico se obtuvieron los siguientes resultados con base en una proyección de 10. Se obtuvieron: una Tasa Interna de Retorno de la inversión de 28.97%, un Valor Actual Neto de Q 109,188.53 y

un Tiempo de Recuperación de la Inversión de 3.11 años. Esto lo que indica es que en tres años y un poco más de un mes aproximadamente se logrará recuperar la inversión realizada. Algo que se tiene que dejar especificado es el área donde se realizará el proyecto, puesto que con base en esto es que se hace la configuración del proceso y podría influir en gastos adicionales. Sin embargo debido a la magnitud del proyecto no debería de verse tan afectado por algo como esto, pero se deja abierto a su evaluación en el momento de montaje.

El objetivo primordial de esta planta, además de utilizar los desechos generados, sería lograr sustituir el LPG de la cocina por biogás, para poder lograr un ahorro de costos del LPG. El ahorro calculado por día de operación sería de Q 633.40, dato que al largo plazo es gran ahorro para la cocina industrial. De igual manera se logró utilizar los desechos que se tenían sin ningún uso en el centro de acopio, por lo que se llega a sacar mayor provecho de esta situación.

Para este proyecto sería necesario monitorear constantemente la calidad del biogás generado debido a que si llegara a variar mucho la composición de metano en el biogás se podrían llegar a tener problemas de la capacidad calorífica que se pueda llegar a generar, lo cual podría representar menos energía producida en el peor de los casos y como consecuencia menor ahorro logrado.

3. Reciclaje de termoplásticos. Se realizó un estudio de factibilidad del montaje de una planta de reciclado de termoplásticos. Esto se realizó con base en el hecho de que en la actualidad algunas empresas están produciendo un material nuevo que se designa como “madera plástica”, la cual es una combinación de plástico usado, resina de plástico virgen y fibra vegetal como se descubrió en el Marco Teórico. Para este proceso se utilizaría aserrín, resina virgen de plástico (acorde al plástico a tratar) y los residuos de plásticos generados en todo el ingenio y sus alrededores y recolectados en el Centro de Acopio. Para el tema de la fibra vegetal se propuso utilizar aserrín de la madera de empaques o producida, sin embargo en caso que el ingenio dispusiera de otra tipo de fibra sería necesario analizar su uso para el aprovechamiento de otro tipo de material con el que ya se disponga. Incluso si dispusiera de varios tipos de fibras vegetales sería necesario realizar pruebas a nivel de laboratorio para comprobar su factibilidad técnica debido a que la recomendación que se está realizando es en base a

resultados de la utilización únicamente de aserrín, ya que los resultados de investigaciones encontradas en la literatura aplican únicamente para aserrín, de aquí la necesidad de realizar pruebas adicionales si se tratara de otra fibra vegetal.

Después del análisis económico los resultados son los siguientes en base a una proyección de diez años, ya que este es el tiempo usual para este tipo de proyectos. Tasa Interna de Retorno de la inversión de 20.03%, un Valor Presente Neto de Q 392,000.80 y un Tiempo de Recuperación de la Inversión de 4.08 años. Esto indicó que el Tiempo de Recuperación de la Inversión está cercano a los cuatro años, todo con un interés VAN de 15%. Este 15% se trata realmente de un 12% más un 3% de riesgo. Esto con vistas a un proyecto de diez años es un buen indicador ya que estos suelen ser los tiempos de recuperación de la inversión en base a lo aprendido en la clase de Economía de Procesos. Uno de los aspectos importantes de este proyecto es que se basa en el hecho de la utilización de una cantidad de residuos plásticos mayor a la producida por el ingenio, ya que se utilizará desechos de los municipios aledaños. Esto se hizo con el objetivo de ayudar a la comunidad de los alrededores y poder obtener un beneficio económico del proyecto. De esta manera se evitaría la contaminación en los alrededores. Hay que recordar que de la cantidad de madera plástica producida se destinaría un 30% para uso dentro del ingenio y el resto del 70% se vendería afuera del ingenio como materia prima. El uso interno sería para construcciones variadas, desde cercas, bancos, mesas, postes etc. Estos se utilizarán dentro del ingenio y dependiendo si ya no se necesitan más estructuras estas se podrían vender de igual manera a un externo. Este es un proyecto que está vinculado a la aceptación que se tenga en los compradores, por lo que se tiene que hacer un producto de buena calidad, y por lo tanto puede no llegar a generar todas las utilidades proyectadas. Sin embargo una TIR de 20.03% es un número muy bueno como para poder invertir en el proyecto. A pesar de lo mencionado en general el proyecto tiene buenos prospectos, tanto ambientales como económicos, por lo que se insta a llevarlo a cabo. Cabe destacar que este proyecto estaría sujeto al terreno con el que se disponga para su realización. Esto debido a su adecuación en cuanto a espacio de movilidad, transporte y logística de operación ya que puede que se tengan gastos adicionales dependiendo de la situación.

4. Compostaje. El objetivo principal de este megaproyecto es la implementación de pilas de compost como método de solución a los desechos sólidos producidos por el Ingenio Magdalena, con el fin de producir abono fértil a partir de los mismos. Previo a comenzar con el proceso de producción de compost a partir de los desechos, se realizó un análisis de la cantidad de desechos orgánicos producidos por el Ingenio, así como se clasificaron los mismos para determinar qué desechos y en qué cantidad eran aptos para ser utilizados y así también dimensionar las pilas a implementar.

Para realizar las pilas de compost se seleccionaron distintos tipos de desechos del Ingenio, tales como arroz, cárnicos, vegetales, entre otros, los cuales fueron procesados en un molino de cuchillas con el fin de disminuir el tamaño de partícula de estos y así aumentar el área superficial. Dicho proceso se realizó con la finalidad de aumentar la velocidad de degradación del material orgánico utilizado en las pilas y también para disminuir el área que ocuparía en las pilas, a modo que éstas tuvieran una dimensión mucho menor a la que hubiera sido necesaria si el material orgánico no fuera procesado.

La diferencia más significativa entre el diseño de los dos sistemas, aireado mecánico y aireado natural, es que el proceso por aireado mecánico consta de un soplador. El soplador para el compost con aireado mecánico fue modificado en su diámetro de salida, realizando una reducción en dicho diámetro de 6" a 1". Dicha modificación se realizó cortando una lámina y soldando un tubo de 1" de diámetro a dicha lámina, la cual posteriormente fue ajustada al soplador para poder ser utilizado en la aireación de las pilas. Para airear las pilas por este mecanismo fueron colocadas en serie, donde cada pila poseía un manómetro para regular el flujo de aire, el cual no fue utilizado debido a que el flujo de aire que llegaba a las pilas era muy bajo; esto se debe a que al modificar el diámetro de soplado de 6" a 1", la caída de presión fue muy grande e influyó también la lejanía de las pilas con respecto al soplador, la caída por presión debido a accesorios, como el largo del banco de tuberías utilizado para armar el sistema. Cabe mencionar que adentro de cada pila había un tubo PVC de 1" diámetro y 44 ± 0.005 cm de largo, el cual poseía 44 agujeros, los cuales fueron abiertos al azar, con la finalidad de que el flujo de aire producido por el soplador fuera distribuido a todo lo largo de cada pila.

Luego de armar el sistema de distribución de aire para las pilas se modificó cada caja plástica, abriéndole agujeros a los costados de un diámetro de 3", las cuales fueron tapadas con una malla de un mesh de 6 ± 0.0005 mm. Dicha malla tuvo la función de evitar que las capas de materia orgánica, material celulósico y tierra salieran por los orificios previamente abiertos a los costados. El diseño de este mecanismo fue creado con el propósito de mejorar la aireación natural en todas las pilas, tanto en las pilas de aireación mecánica como de aireación natural.

Al tener armado todo el sistema se procedió a la creación de las capas aplicadas en cada pila. Estas capas llevan un orden secuencial, el cual ayuda al control de los olores y a una mejor degradación del material orgánico. Se comenzó agregando 3.63 ± 0.5 kg de tierra orgánica, luego 1.59 ± 0.5 kg de material celulósico, siguiendo con 7.03 ± 0.5 kg de material orgánico, dicho procedimiento se repitió dos veces y se finalizó con una capa de tierra fértil que ayuda al control de plagas y al control del olor producido por la degradación de la materia orgánica aplicada. Luego de armar las pilas con las capas anteriormente explicadas se dejó una semana de esta manera; al terminar la semana se procedió a realizar volteo del material dentro de la pila, con la finalidad de mejorar la aireación y crear una mezcla entre los materiales orgánicos, celulósicos y la tierra aplicada. Este método de aireación se realizó tanto en las pilas de aireado mecánico como aireado natural ya que es necesario en el proceso del compost. El volteo se repitió cada semana hasta terminar el proceso.

Diariamente se realizó un control de las condiciones de operación de cada pila con la finalidad de mantener las condiciones óptimas de operación para que el proceso de degradación y formación de compost fuera el óptimo. Se tomaron las temperaturas en tres distintos puntos a lo largo de las pilas, así también se tomó la humedad y pH de las mismas cada día durante el proceso de compostaje. Para el día 26/09/2012, las temperaturas obtenidas ($22\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) estuvieron por debajo de las temperaturas óptimas de operación ($25-35^{\circ}\text{C}$). Esto ocurrió en varios días, tal como se puede observar en las distintas tablas, dicha variación en las temperaturas se debe a las condiciones climáticas con las cuales se realizó el experimento. Debido a las constantes lluvias fue muy difícil controlar la humedad al igual que la temperatura en las distintas pilas, como se puede observar en la tabla anteriormente mencionada. La humedad de la pila

(60.00±0.005%) en ese día está por encima del rango de humedad óptimo (40-55%) para las pilas de compost. El control de la humedad en las pilas de compost es un factor importante de controlar, puesto que al tener una humedad mayor de la requerida, el proceso de degradación se vuelve más lento, ya que el compost es un proceso aeróbico. Al tener mayor humedad las moléculas de agua ocupan espacios entre la materia a degradar, impidiendo una buena aireación. La humedad afecta a la temperatura aunque no afecta en gran proporción a la acidez puesto que se mantuvo el pH estable.

Se pudo observar que al aumentar la humedad, disminuía la temperatura, lo cual implica que el mal control de la humedad produce malos olores en las pilas de compost, así como la atracción de plagas. También se observó que al controlar la humedad los rangos de temperatura se mantuvieron en condiciones óptimas de operación, disminuyendo considerablemente el mal olor emanado desde las pilas.

La cantidad de material degradado fue mayor que en las pilas de aireación natural. Ahora bien, este dato es importante porque al analizar la diferencia se notó que a pesar de obtener mayor masa en las primeras tablas, no toda esta materia es abono, además se encontró que parte del compost poseía aun materia orgánicas sin degradar al hacer una análisis visual y físico. Además en dichas tablas se puede observar que en los dos métodos de producción de compost se encuentran en el rango adecuado de nutrientes (NPK) para compost, donde para el método de aireación natural los valores de NPK fueron 1.85%-0.85%-0.43% y para el método de aireación mecánica los rangos de NPK fueron de 1.42%-0.65%-0.39%, donde los rangos óptimos de NPK son 1.4-3.5% 0.3-1.0% 0.4-2.0%. Por lo que se puede inferir que el compost por aireado mecánico fue más efectivo que el de aireado natural.

Luego de determinar que el compost con aireado mecánico fue el mas efectivo se procedió a realizar un análisis del costo de montaje del sistema de compost en el Ingenio. Dicho sistema requiere una inversión inicial de Q 60,139.80, que incluye el montaje de tres pilas, cada una con dimensiones de 2m de base, 2m de alto y 8m de largo; material de construcción para el montaje, mano de obra y el equipo de control a utilizar en el compostaje. Es importante mencionar que a pesar de la inversión inicial, el compostaje por montón es un sistema de fácil control debido a que no son muchas las

condiciones que se deben controlar, además que soporta condiciones extremas y la mayoría de ellas depende una de otra, por lo tanto al controlar una las demás estarán en las condiciones deseadas.

E. Programa Educativo Ambiental

Parte del PMDS es brindar a todos sus colaboradores capacitación sobre el mismo y la importancia del desarrollo que tiene éste en todas las áreas de la empresa y en la comunidad en general. El ingenio cuenta con ideas y planes para brindar capacitación a su personal y también tiene ideas de qué herramientas utilizar durante las mismas. Por lo que, como parte del Megaproyecto se colaboró en detallar y agregar otras herramientas y estrategias para fortalecer el plan educativo ambiental.

Durante el proceso se colabora en el enriquecimiento de los planes de capacitación ambiental dirigidos a diversos públicos objetivos del ingenio como lo son colaboradores fijos y migrantes. Se considera necesario que para cada grupo se tome en cuenta los diferentes niveles educativos de los empleados. Se concluye que el PMDS está diseñado para cubrir las necesidades específicas del ingenio. Los diversos materiales que se les proporcionó a la empresa encargada de los talleres de capacitación lograron los diferentes objetivos establecidos. Las razones por lo cual cada material aportó a este logro se describen a continuación.

La encuesta electrónica para personal fijo permite conocer el conocimiento que tiene cada empleado previo a recibir los talleres de capacitación. La implementación de este instrumento, permite a la empresa encargada de los talleres y colaboradores a realizar modificaciones o adaptaciones en el diseño y enfoque de los talleres. Los resultados obtenidos de esta encuesta permitía que los participantes del megaproyecto pudieran asesorar las modificaciones necesarias, previo a su implementación. Siendo esto de beneficio para los asistentes a los talleres, ya que recibían información nueva, adaptada a sus necesidades y fortalezas. (Apéndice I)

Con relación a las diferentes presentaciones de power point aportadas a la empresa de capacitación se puede comentar lo siguiente. La presentación ¿Qué son las

tres erres? (Apéndice I) surge de la necesidad de orientar al personal del Ingenio acerca de los procesos de reciclaje a implementar en la institución. Se decide utilizar poco texto e imágenes claras por el nivel de escolaridad de las personas asistentes al taller de capacitación. La presentación Ideas para reutilizar el PET (Apéndice I) y la presentación Ideas para reutilizar el vidrio (Apéndice I) son dos documentos en que se utiliza sólo fotografías que ejemplifican formas variadas e innovadoras para motivar a las personas a utilizar su creatividad y reutilizar material que dentro del mismo Ingenio se desecha. El brindar este apoyo a los empleados permite también darles ideas para generar una nueva fuente de ingreso, al vender los productos realizados. La decisión de tener sólo fotografías es para respetar los diferentes niveles de escolaridad de los participantes de los talleres. Por último, la presentación Nomenclatura Magdalena surge de la necesidad de comunicar a los empleados de la institución de cuáles son las imágenes que representan procedimientos y lugares en dónde y cómo depositar los diferentes materiales de desecho que se produce en el Ingenio. La selección de imágenes simples, poco texto y colores especificados, permite que los procedimientos establecidos y compartidos en los diferentes talleres se logren llevar a cabo con el éxito esperado.

Los diferentes juegos tales como la Lotería Ambiental (Apéndice I), Memoria ambiental (Apéndice I), Clasificación de figuras (Apéndice I) y la Identificación de situaciones (Apéndice I), son materiales que deciden realizar y utilizar en los talleres de capacitación porque son elementos que culturalmente son aceptados por las personas sin discriminación alguna. Estos juegos permiten aprender jugando y fortalece las interacciones de las personas al llevar a cabo los diferentes talleres. Además, los juegos permiten no sólo dar a conocer y evidenciar conocimientos, sino que desarrollan diferentes destrezas en las personas. Dentro de éstas se pueden mencionar las destrezas visuales, auditivas, espaciales, razonamiento lógico, pensamiento crítico y divergente para la diversidad de soluciones ante la problemática de la contaminación ambiental. Además, el diseño y los juegos en sí, son herramientas versátiles que permiten una diversidad de opciones al momento de su implementación. La cantidad de tarjetas y cartones que se les den a los participantes puede variar según el número de asistentes y de las decisiones que tome el facilitador del taller. No importa el nivel de escolaridad, diferencias culturales y puestos en la institución, para poder participar aménamente en las actividades.

Satisfactoriamente se observa que con el inicio de las capacitaciones, colocación de baterías para recolección de desechos sólidos en la mayoría de lugares del ingenio, el personal ha ido respondiendo positivamente. Esto indica que de continuar sistemáticamente las capacitaciones y las actividades programadas el PMDS se logrará alcanzar el cambio cultural como medio de apoyo para implementar y mantener activo el PMDS. Logrando que la comunidad del ingenio comprenda e identifique las necesidades ambientales y se comprometa con el PMDS del ingenio por lo que se concluye en esta discusión que el apoyo brindado es satisfactorio y observando cambios significativos que marcan una nueva época ambiental para el ingenio.

X. CONCLUSIONES

A. Procedimiento general de baterías y contenedores

- Se propusieron los lineamientos generales para estandarizar la implementación de baterías y contenedores de acopio y parte del Programa de Manejo de Desechos Sólidos por medio de un procedimiento general que aplica para todas las áreas del ingenio.

B. Procedimientos de implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

- El diseño del Programa de Manejo de Desechos Sólidos se realizó por áreas de diferentes tipos de operación, tomando en cuenta los diferentes aspectos de cada área y para adaptar el programa de acuerdo a las necesidades de cada una de ellas, así como para permitir su implementación en nuevas áreas con operación similar a los procedimientos establecidos.
- Se determinó la necesidad de implementación de un Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos por área, que sea el responsable de administrar el PMD y reportar sus avances y deficiencias.
- El procedimiento aplicado a Gestión de Compras se basó en establecer criterios de selección de proveedores tomando en cuenta los siguientes aspectos: presentación del producto, material de empaque, posibilidad de devolución del empaque al proveedor después de su uso.

1. Fábrica

- Se estableció un procedimiento para Fábrica en el que se establece que los recipientes a utilizar son del tipo 3 y tipo 4 (ver Procedimiento General de Baterías y Contenedores), que se deben utilizar carretillas de mano para trasladar las bolsas de los recipientes en el primer piso de Fábrica, y que se

deben utilizar los elevadores manuales para trasladar las bolsas de desechos del segundo piso y superiores al primer piso.

2. Magalcoholes

- Los procedimientos aplicados a Magalcoholes proporcionan una guía para el manejo eficiente de los desechos sólidos dentro de la planta de alcoholes, pero se debe mantener un seguimiento para su mejora, esto a través de auditorías.
- Los procedimientos no solamente reducen los impactos ambientales de los desechos generados, sino que también permite identificar desechos que pueden poseer valor para otras aplicaciones.

3. Magrisa

- El documento creado “PR-GCA-GCA-M Procedimiento Baterías en MAGRISA” se basó en la manera actual en la que se está realizando la recolección de los desechos sólidos generados, ya que la manera de realizarse no dista mucho de la manera correcta de realizarse, junto con una serie de propuestas de mejora.
- Se agregó toda la propuesta de documentación respectiva para el PMD, ya que actualmente carece de ella.
- Se determinó que en el área de MAGRISA se seguirá utilizando un transporte propio del área para trasladar los desechos de los contenedores de acopio hacia el centro de acopio, ya que este transporta de una forma adecuada los desechos del tipo chatarra generados en el área

4. Planta de Alimentos

- Se propusieron tres procedimientos, un instructivo y fichas técnicas en la Planta de Alimentos. Teniendo métodos inocuos, que se apegan a las buenas prácticas de manufactura y a las normas ISO 22000, 9001 y 14001.

- Se establecieron rutas de evacuación de los desechos sólidos, respetando los tiempos críticos de producción de alimentos y tomando en cuenta la ruta más corta en la Planta de Alimentos.

5. Módulos habitacionales

- El Procedimiento de Implementación del PMD en Módulos Habitacionales consideró la discreción de los residentes permanentes de estas áreas, dando espacio para que utilicen cualquier tipo de recipiente dentro de las residencias, siendo su compromiso el evacuar sus desechos a las baterías del ingenio, clasificados adecuadamente dentro de los lineamientos generales del Programa.
- Dentro de las instalaciones del hotel se sugirieron tres recipientes para desechos: no clasificado, orgánicos y desechos sanitarios, para las áreas del dormitorio, cocina y baño respectivamente. Mientras que la necesidad de depositar otro tipo de desechos se cubrirá por las baterías colocadas en las áreas comunes.
- Se estipuló el horario de recolección en los módulos habitacionales, a las siete de la mañana, utilizando el mismo horario que Fábrica para mantener una cultura consistente dentro del ingenio.

C. Auditorías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

- La auditoría propuesta para baterías de recipientes, mostrará el porcentaje de baterías que cumplen con los requisitos de codificación y mantenimiento, y el porcentaje de clasificación de desechos en base a la masa de los mismos. Estos son resultados cuantificables para evaluar el desempeño del personal del PMDS y de las jefaturas de área, y de los empleados de cada área para la clasificación de los desechos dentro de los recipientes respectivamente.

- La auditoría de baterías se realizará al 30% del total de las baterías del ingenio para que sea estadísticamente representativa, dos veces al año, una vez por período de reparación y por período de zafra.

D. Centro de Acopio

1. Estructura

- Se realizó un diseño de un centro de acopio para facilitar el almacenamiento, clasificación, tratamiento y distribución de los desechos.
- Se tuvo que tomar en cuenta un área con poca pendiente y sin cambios de altura muy significativos para lograr un fácil movimiento de tierras y de esta manera ahorrar dinero y tiempo.
- Fue importante realizar un estudio topográfico para conocer adecuadamente el terreno y lograr colocar el centro de acopio en un área con fácil acceso y suficiente espacio para lograr un buen recorrido de camiones recolectores.
- El diseño del centro de acopio se realizó de con marcos estructurales para facilitar su construcción. En el cual se realizaron tres secciones adyacentes para facilitar el trabajo y no interrumpir otra área que se esté realizando. El centro de acopio se encuentra dividido en área de clasificación, tratamiento y almacenamiento.
- Se llevaron a cabo varias salidas en cada sección del centro de acopio para lograr una fácil recolección de desechos, dependiendo del nivel de tratamiento en el cual se desee recoger dichos desechos.
- El marco de la estructura se pudo realizar con baja pendiente ya que la distancia desde la punta del marco hasta la columna no excede el tamaño de la lámina a utilizar, lo que ayuda a controlar goteras en tiempo de lluvia.

2. Logística

- El Centro de Acopio es el área destinada para recibir las recolectas de desechos, reclasificar (a excepción de los desechos sanitarios) y disponer el destino final de los desechos sólidos del ingenio, exceptuando los desechos de alto riesgo y duroport. Por esto, su logística, mantenimiento y capacitación del personal debe ser primordial para el ingenio y se considera como una inversión económica y ambiental. Una reclasificación se realizará dentro del Centro de Acopio de manera manual y con bandas reclasificadoras, para verificar que la disposición final de los desechos sea acorde al tipo de desecho generado.
- La disposición final de los desechos es responsabilidad de la Gerencia de Comunicación y Responsabilidad Social, al ser la encargada de designar los terceros que el ingenio elegirá para tratar o reciclar sus desechos sólidos.
- Dentro del Centro de Acopio se clasificarán los plásticos según su clasificación comoditie de la numeración 1 a la 6 (excluyendo el 3), de acuerdo a los materiales que actualmente son reciclables fácilmente en Guatemala.

3. Transporte y rutas de recolección

- Se propuso el método de recolección con contenedores de acopio para las áreas de Cooperativa, Cocina Industrial, Hotel La Montañita, Seguridad La Cuadra y Biofábrica, representando el 70.54% de desechos sólidos totales de los tipos de desechos sólidos estudiados en el ingenio.
- El recorrido de la ruta propuesta tiene una distancia de 13.95 km, en la cual se recolectarían los desechos de todas las áreas bajo en un tiempo de dos horas.
- De acuerdo a los cálculos realizados, el transporte a utilizar para la recolección de desechos sólidos debiera tener una capacidad de almacenaje de $7 m^3$, con el fin de cubrir la generación de desechos diaria en un solo recorrido.

- Para el proyecto de recolección de contenedores de acopio se obtuvo un valor presente neto de Q85.103.12 con una TIR de 59%, la cual fue comparada con una TMAR de 11.54%, por lo que la propuesta presentada en este trabajo es económicamente factible.

E. Disposición final

1. Aceites de Fusel

- Los aceites de fusel generados dentro de la planta de alcoholes del ingenio son adecuados para ser tratados y de esta manera obtener productos de valor en el mercado.
- Las componentes más importantes dentro de los aceites de fusel obtenido de la planta de alcoholes del ingenio son el isobutanol e isopentanol (alcohol isoamílico)
- Las características que mejor se adecuan con las condiciones conocidas de la materia prima (aceite de fusel) es una torre de destilación empacada con un sistema batch o por lotes, utilizando dos fraccionamientos.
- El volumen máximo teórico de isopentol que se puede obtener por 400L de aceites de fusel es de 282.57L al 99.22% y de isobutanol es de 49.11L al 84.21%
- Los ingresos máximos que se pueden percibir para este caso son de Q.127,278.53, para una carga inicial de 400L de aceite de fusel.

2. Biogás

- Los desechos sólidos orgánicos procesados del ingenio tienen una densidad promedio de $1,064.44 \pm 3.63 \text{ kg/m}^3$, sólidos totales de $32.73 \pm 4.84\%$, sólidos volátiles de $96.06 \pm 0.48\%$ y relación carbono/nitrógeno de 34.85 ± 1.20 .
- Los desechos sólidos orgánicos no procesados del ingenio tienen una densidad promedio de $1,000.81 \pm 15.87 \text{ kg/m}^3$, sólidos totales de $10.55 \pm 1.69\%$, sólidos volátiles de $90.11 \pm 5.67\%$ y relación carbono/nitrógeno de 39.35 ± 3.46 .
- La generación de desechos sólidos orgánicos del ingenio se puede modelar como flujo másico de 874.34 kg/d de desechos sólidos orgánicos, con una composición de 75.88% de desechos procesado y 24.12% de desechos no procesados, con sólidos totales de $27.38 \pm 3.70\%$ y sólidos volátiles de $94.65 \pm 1.42\%$. Este flujo y características se utilizaron para el diseño de la planta piloto de biogás.
- La composición característica (sólidos totales, sólidos volátiles y relación carbono/nitrógeno) de los desechos sólidos orgánicos procesados y no procesados del ingenio, se encuentran dentro o cerca de los rangos teóricos para los sustratos de una digestión anaerobia para la producción de biogás. Mientras que los sólidos volátiles demuestran el alto porcentaje de materia orgánica en los desechos, y los sólidos totales teóricos de desechos sólidos orgánicos producto de la alimentación tienen un valor del 30% , la relación carbono/nitrógeno se espera tenga un valor máximo de 30 .
- De acuerdo a los resultados de la cromatografía de gases, el biogás producido en la prueba de laboratorio contenía metano y dióxido de carbono, por lo que se reafirma la viabilidad de producir biogás con los desechos sólidos orgánicos del ingenio.

- La alimentación de la planta piloto de biogás se debería realizar con una mezcla másica equitativa de agua y desechos, con un porcentaje teórico de sólidos totales esperados de $13.69 \pm 1.85\%$.
- Al final del experimento, se obtuvo un volumen acumulado de biogás de $0.001507 \pm 0.000124 \text{ m}^3$ para el sustrato con desechos orgánicos 100% procesados, de $0.001739 \pm 0.000122 \text{ m}^3$ para el sustrato con mezcla de desechos orgánicos 50% procesados – 50% no procesados, y $0.038124 \pm 0.000498 \text{ m}^3$ para el sustrato con desechos orgánicos 100% no procesados.
- El potencial de producción de biogás de los desechos orgánicos procesados fue $0.017 \pm 0.001013 \text{ m}^3/\text{kgVS}$, $0.053 \pm 0.004 \text{ m}^3/\text{kgVS}$ el de la mezcla de 50% procesados y 50% no procesados, y $0.411 \pm 0.013 \text{ m}^3/\text{kgVS}$ el de los desechos orgánicos 100% no procesados, todos obtenidos a 35°C y con un tiempo de retención de 451.22h (18.80 días).
- Se diseñó un biodigestor con capacidad para tratar una mezcla de 874.34kg/día de desechos orgánicos de alimentos con $874.34 \pm 118.10 \text{ kg/día}$ de agua (la mezcla contiene 13.69% de sólidos), para producir $156.66 \pm 13.05 \text{ kg/día}$ de biogás y $1592.02 \pm 32.38 \text{ kg/día}$ de efluente con $5.197 \pm 0.14\%$ de sólidos totales. El biodigestor es capaz de remplazar $41.58 \pm 3.46\%$ de la demanda de LPG en la Cocina Industrial del Ingenio.
- El volumen efectivo de reacción del biodigestor diseñado es $56.67 \pm 7.65 \text{ m}^3$, su volumen total es $75.56 \pm 8.07 \text{ m}^3$ y el material seleccionado para construir el biodigestor fue ladrillo común (tayuyo).
- Se diseñaron cuatro reservorios cilíndricos de película de polietileno de alta densidad que operan a presión constante de 5cm y tienen capacidad para $16.66 \pm 1.39 \text{ m}^3$ de biogás cada uno, albergados por un tanque cilíndrico de metal y cada uno con un contrapeso cilíndrico de concreto de $301.3 \pm 25 \text{ kg}$.
- Se diseñó un adsorbedor de H_2S de PVC de 0.2794m (11 pulgadas) de diámetro y 3.05m (10 pies) de altura de lecho empacado, relleno de viruta de hierro

oxidada como material de empaque, con caída de presión de $2.06 \pm 0.17\text{Pa}$ y tiempo de saturación de 26 ± 2 días. La viruta ocupa 0.188m^3 dentro de la columna, equivalente a aproximadamente 48.3kg.

- Los resultados que se obtuvieron del flujo de caja con un horizonte de 10 años para la planta de generación de biogás a partir de desechos orgánicos sólidos con una producción de 133.2m^3 diarios fueron: una Tasa Interna de Retorno de la inversión de 28.97%, un Valor Actual Neto de Q 109,188.53 y un Tiempo de Recuperación de la Inversión de 3.11 años. Por lo tanto este proyecto resultó ser económicamente atractivo y factible de llevar a cabo.
- El proyecto de la planta generadora de biogás, a pesar que llega a ser rentable no llega a cubrir la totalidad de la demanda diaria de energía necesaria en la cocina industrial del ingenio, por lo que tiene espacio para aumentar la capacidad del proyecto en un futuro. Actualmente son necesarios 3.05 cilindros de gas LPG en las cocinas industriales y la planta de producción de biogás tiene una capacidad de sustitución de 1.16 cilindros equivalentes de gas LPG, es decir con este proyecto se cubriría el 38% de la demanda diaria de energía para la cocina industrial.

3. Reciclaje de termoplásticos

- Al realizar el estudio de factibilidad de un proceso de reciclado de termoplásticos por medio de extrusión en el centro de acopio para una producción anual de 568,416.00 kg de madera plástica mediante un flujo de caja con un horizonte de 10 años se obtuvo: una Tasa Interna de Retorno de la inversión de 20.03%, un Valor Actual Neto de Q 392,000.80 y un Tiempo de Recuperación de la Inversión de 4.08 años. En base a estos resultados se determinó que si resulta factible realizar este proyecto.

4. Compostaje

- El clasificar los desechos con solo material orgánico para el uso de compost mejora las condiciones de operación y nutrientes aportados, ya que aportan las cantidades de nutrientes necesarios para el compost.
- Las condiciones climáticas afectan considerablemente el tiempo de producción de compost y así también dificulta el control de las condiciones óptimas del compost.
- Mientras mayor humedad posea la pila, más lento será el proceso de producción del compost y aumenta la producción de malos olores, debido a que las moléculas de agua desplazan las moléculas de aire disminuyendo la velocidad del proceso.
- La cantidad de flujo de aire es inversamente proporcional al tiempo de producción de compost, debido a que al aumentar la cantidad de aire adicionada al compost el tiempo de producción del mismo reduce.
- El compost con aireación mecánica consume mayor energía (41448.97 kJ/h), que el de aireación natural (478.83 kJ/h).
- El sistema de compost por aireación mecánica es más efectivo que el natural, ya que fue capaz de degradar en mayor proporción de 100% a 34.77% la cantidad de materia orgánica presente en la pila.
- El sistema de compost por aireación mecánica tiene un tiempo de producción de compost menor 1mes 3días, con respecto al de aireación natural de 1mes 18días.
- El compostaje por montón es una solución viable para el manejo de desechos sólidos, ya que es un sistema sencillo de operar y es capaz de producir un beneficio económico y ambiental a la industria sin tener una alta inversión.

- El costo de inversión inicial para la implementación del compostaje por montón con aireación mecánica es de Q 60,139.80, el cual incluye el montaje de 3 pilas con dimensiones de 2.00m base, 2.00m alto y 8.00m de largo y el equipo de control necesario para el mismo.

F. Programa Educativo Ambiental

- El Programa de Manejo de Desechos Sólidos implementado en el Ingenio Magdalena se encuentra en proceso de implementación. Es un programa diseñado para satisfacer las necesidades específicas del ingenio observando normas internacionales de cuidado ambiental para la efectividad del mismo y que se apegan a las buenas prácticas de manufactura y a las normas ISO 22000, 9001 y 14001.
- El PMDS se logró enriquecer con el diseño e implementación de material didáctico lúdico relacionado al tema del uso de desechos sólidos que produce el Ingenio. Este material se diseñó tomando en cuenta las características de los diversos públicos objetivos del ingenio (colaboradores fijos y migrantes).
- Se logró proporcionar la asesoría técnica al PMDS a través de ocho reuniones presenciales y diálogos a distancia para que el Programa logre comunicar de manera efectiva y eficaz el sistema de gestión ambiental a los empleados de la institución.
- Una forma de colaboración para el fortalecimiento del sistema de gestión de residuos sólidos, fue proporcionando técnicas ambientalmente adecuadas, basadas en el principio de las tres “R”s para reducir, reciclar y reusar los materiales de desechos sólidos que produce el Ingenio.
- El personal encargado de ofrecer las capacitaciones conoce a fondo las necesidades específicas que deben ser abordadas durante las presentaciones.

- Recientemente se ha iniciado el proceso de capacitación ambiental a empleados fijos de oficinas centrales en Guatemala, algunos departamentos en el ingenio para luego continuar extendiéndose hasta llegar a empleados migrantes.
- Se estableció qué tipos de desechos sólidos generados en el Ingenio Magdalena pueden ser clasificados en 4 grandes categorías: Papel/Cartón, Vidrio, Plástico/Latas, Orgánico.
- Se determinó que el tipo de desecho que representaba el mayor porcentaje de volumen generado diario en el ingenio(73%)fue el orgánico, compuesto en su mayoría por comida procesada.

XI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda crear en el ingenio una cultura de minimización y reutilización de los desechos sólidos, ya que este es el siguiente paso después de proporcionar las herramientas para poder manejarlos. Para esto es necesario identificar las oportunidades de reducción de generación de desechos, lo cual se logra analizando en los registros del Centro de Acopio (tema tratado en otro módulo del mismo Megaproyecto) los tipos de desechos que más se generan en el ingenio.
- Modificar los procedimientos del Programa de Manejo de Desechos Sólidos de acuerdo a las deficiencias presentadas por su implementación en período de reparación y zafra, para cumplir con la mejora continua del Sistema de Gestión Ambiental. Establecer una sanción específica para el incumplimiento del depósito de desechos de alto riesgo en su recipiente indicado como acción preventiva, debido a que las consecuencias de esta falta son fuente directa de daños potenciales a la salud de los empleados del ingenio.
- Establecer, implementar y mantener procedimientos para identificar situaciones potenciales de emergencia, los impactos que éstas pueden provocar al ambiente y la forma de aminorar el impacto.
- Se recomienda ir documentando los logros y deficiencias del Programa de Manejo de Desechos Sólidos para ir modificándolo de forma que satisfaga las necesidades de generación de desechos del ingenio. La documentación se debería realizar por medio de los registros proveídos en el Procedimiento General de Baterías y Contenedores y con la creación de nuevos registros si se presentan situaciones que no son consideradas con los registros propuestos.
- Se recomienda volver a evaluar la cantidad de recipientes ubicados en Fábrica, ya que actualmente se tienen casi 600 recipientes, cantidad demasiado elevada para el área. La evaluación se puede realizar con la información proveída por las auditorías propuestas en este trabajo.

- Con el objeto de eliminar la proliferación de moscas, ratas o malos olores es necesario mantener el contenedor general a baja temperatura, techando el área, y garantizar que se cumplan las rutas de recolección del ingenio.
- Se recomienda identificar las áreas de deposición del contenedor general de la planta de manera que no se mezclen los desechos.
- Se recomienda realizar auditorías para asegurar que se cumpla a cabalidad todos los pasos de los procedimientos.
- Definir las sanciones para las faltas dentro del Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Módulos Habitacionales, para los usuarios de las instalaciones residenciales del ingenio, de acuerdo con la política ambiental establecida de la empresa y la relación laboral que el ingenio tenga con cada residente. La sanción a la primera falta al programa, podría establecerse como no recolectar los desechos del transgresor por un determinado período.
- Unificar el procedimiento de Gestión de Compras con enfoque a reducción y reutilización de desechos sólidos, con el procedimiento general de compras.
- Reevaluar el porcentaje de auditoría del 30% del total de las baterías de acuerdo al tiempo y costo de la auditoría, tomando como factor primordial la obtención de resultados representativos del estado del PMDS, con un mínimo del 20%.
- Comunicar al Comité de Manejo de Desechos las observaciones más relevantes de las auditorías de baterías, para que puedan tener una perspectiva más amplia y exacta del estado de la implementación del PMDS, y así puedan implementar acciones que promuevan el mejoramiento constante del programa.
- Se recomienda que antes de levantar la estructura se realice un nuevo estudio topográfico debido a que el plano de curvas de nivel utilizado no concuerda con el terreno actual ya que se han realizado cambios en el terreno.

- En localizaciones costeras se recomienda realizar una cimentación más ancha en lugar de profunda debido a la cercanía del manto freático.
- Debido al tipo de proyecto que se realiza, se pueden generar múltiples protestas ambientalistas las cuales pueden crear problemas en ingenio y atrasar las actividades. Por estas razones es muy importante realizar un estudio de impacto ambiental y tener un plan de acción preparado para enfrentar estos problemas.
- Se recomienda realizar un buen estudio de suelos para conocer las distintas propiedades del suelo ya que pueden llegar a ser cruciales a la hora de realizar la cimentación.
- Se recomienda reutilizar los desechos sólidos procesados para mejorar las condiciones del centro de acopio y/o del ingenio, ya que se pueden utilizar como techo falso realizado con el reciclaje, lo cual de da un valor agregado al ingenio.
- Se recomienda tomar en cuenta la opción de realizar un techo de palma para reducir el calor generado dentro del centro de acopio.
- Conocer y analizar los procesos por los que los cuales los terceros disponen de los desechos, para escoger las empresas que causen un menor impacto al ambiente en el manejo, tratamiento o reciclaje de los desechos de la empresa. Buscando empresas certificadas en el manejo de los residuos y de ser posible visitando a dichas empresas para comprobar que los procesos que realizan son acorde a lo que ha sido certificado.
- Identificar las necesidades de capacitación por parte del personal del Centro de Acopio, de los cuales depende que las categorías de los desechos estén adecuadamente delimitadas para disponerlos de una manera responsablemente ambiental.

- Asignar a la cantidad de personas necesarias para la operación del CA, para que la reclasificación de desechos se haga de la mejor manera posible y no se acumulen los desechos en este centro.
- Evaluar la utilización de duroport como aislante térmico en las instalaciones del ingenio, comparando la factibilidad técnica y económica de utilizarlo en su forma triturada o comprimida.
- Si de la categoría de desechos no clasificados surgiera uno de volumen alto, considerar agregarlo a los principales tipos de desechos y realizar las debidas modificaciones en el método de recolección.
- Realizar mediciones constantes del peso de desechos sólidos generados para realizar modificaciones en el método de recolección de ser necesarias.
- Utilizar los recipientes que se encuentran en buenas condiciones en el centro de acopio para suplir las necesidades de estos en el programa, logrando así reducir gastos de inversión.
- Darle seguimiento a la propuesta aquí planteada para los aceites de fusel, ya que como se puede observar, en la actualidad posee mercado al cual puede ser dirigido que esta en pleno crecimiento.
- Realizar un análisis de sólidos totales y relación carbono/nitrógeno de la mezcla de desechos y agua, alimentación de la planta piloto, para reconocer sus características principales y potenciales de mejora.
- Evaluar el desempeño de la planta piloto de producción de biogás (cantidad de biogás producido, porcentaje de metano, calidad del efluente), al realizar variaciones de la proporción de agua agregada a la alimentación.

- Evaluar el desempeño de la planta piloto de producción de biogás (cantidad de biogás producido, porcentaje de metano, calidad del efluente), al alimentar el biorreactor con una mezcla de desechos sólidos orgánicos y aguas residuales del ingenio.
- Controlar el pH en el digestor de la planta piloto de producción de biogás para que el parámetro se encuentre entre 6.8 y 7.5, considerando la adición de un compuesto (por ejemplo, cal) para la regulación de éste y la alcalinidad dentro del digestor.
- Se recomienda utilizar todos los desechos sólidos orgánicos de alimentos disponibles en el ingenio para tratarlos por medio de fermentación anaeróbica en el digestor para producir biogás antes de cualquier otro tratamiento, ya que la descomposición de los desechos genera metano, que es 20 veces más dañino que el CO₂ en cuanto a efecto invernadero, y no es adecuado emitirlo a la atmósfera, además de desperdiciar combustible.
- Ya que los desechos no se digieren completamente con la fermentación anaeróbica, se recomienda tratar los sólidos del efluente con compostaje para digerirlos completamente, y de esta forma aprovechar el producto como fertilizante.
- Se recomienda arrancar y operar la planta piloto durante dos meses con estiércol de vaca para inocular el digestor y así maximizar la producción de biogás. En su defecto, se recomienda utilizar lodos de otros biodigestores para realizar la inoculación. No es recomendable realizar la fermentación de los desechos sin haber inoculado el digestor, ya que la producción será muy lenta y se detendría en pocos días.
- Se recomienda monitorear el flujo y la composición del biogás producido en la planta piloto para determinar si es necesario buscar la forma de homogenizar la alimentación del sustrato. También, si el rendimiento es bajo con respecto a la producción esperada, se recomienda realizar un estudio técnico-económico para determinar la factibilidad de la adición de un agitador que homogenice la mezcla en su sección transversal.

- Gran parte de la efectividad de la planta piloto para producir biogás depende de que se logre contar siempre con la cantidad de desechos para la cual fue diseñada. Ya que cuando el ingenio no está en época de zafra la cantidad de desechos sólidos orgánicos de alimentos generada disminuye, se recomienda compensar el déficit de desechos, por ejemplo, con desechos de las comunidades de personas vecinas o con estiércol de vaca.
- Para ambos proyectos, tanto de generación de biogás como de reciclado de termoplásticos, se sugiere actualizar los precios al momento de querer llevar a cabo los proyectos, debido a que esto puede cambiar el panorama de rentabilidad de los mismos.
- Debido al alto poder adquisitivo de los ingenios se prevee que ellos tengan el capital para financiar los proyectos de generación biogás y reciclado de termoplásticos sin necesidad de incurrir en préstamos bancarios. En caso este no fuera el caso es necesario buscar un buen plan de financiamiento para el caso y añadirlo a los flujos de caja para evaluar su factibilidad.
- Se sugiere realizar nuevamente los análisis de factibilidad tanto para el proyecto de reciclado de termoplásticos como para el proyecto de producción de biogás cuando se tenga información concreta y definitiva del área geográfica dentro del ingenio que se cuenta para la realización de los mismos.
- Realizar un estudio de mercado para poder detectar la demanda que tendrían los productos de madera plástica en los alrededores del ingenio o en el lugar donde convendría comercializarlos
- Se recomienda realizar una investigación de potenciales compradores de la madera plástica para poder determinar la logística de la venta de la misma.
- La necesidad de construcciones a realizar con la madera plástica como las bancas, techos, cercas, postes etc. debe de discutirse a fondo con las autoridades del ingenio ya que solo se mencionó la necesidad de este tipo de construcciones pero nunca se mencionó la cantidad exacta a la que se le podría dar uso.

- Determinar de manera precisa las proporciones y/o cantidades de materia orgánica verde y marrón óptimas a utilizar en las mezclas para obtener la relación C/N deseada.
- Crear un sistema de riego por goteo para controlar la humedad en las pilas.
- Realizar al inicio análisis químicos de suelos a las pilas de compost y cada 3 semanas para ver el desempeño de las pilas.
- Crear un techo a base de lámina o un material que deje pasar suficiente luz solar sobre las pilas para controlar la humedad en cada pila, así también para controlar la temperatura y ahorro de agua.
- Reducir el tamaño de partícula de los desechos utilizando un molino de cuchillas o un triturador para materiales más densos con el fin de disminuir el tiempo de producción de compost y el tamaño de las pilas de compost.
- Diseñar un mecanismo automatizado de volteo, mediante la implementación de tornillos sin fin u otro mecanismo apto para realizar el volteo.
- Debido a la naturaleza de PMDS se necesita informar, orientar y capacitar a las personas sobre la importancia de cuidar el entorno y el ambiente. Se recomienda que los grupos participantes en las capacitaciones no excedan un número mayor a 30 personas. Ya que este número permite que las capacitaciones sean más participativas y que el capacitador pueda atender y resolver las dudas de los participantes. Esto permite que el capacitador pueda observar las actividades donde se requiere la participación individual o grupal para poder brindar retroalimentación si fuera necesario. Todo esto permitirá asegurar mayor comprensión de los participantes.
- La creación del Libro Verde de Magdalena. Para que cada empleado al final de la capacitación firme en el libro su compromiso de ser un colaborador comprometido con el cuidado ambiental de su entorno y del mundo.

- Los grupos de personas que asisten a las capacitaciones sean de la misma área o departamento. Con el objetivo que al final de cada capacitación los empleados se reúnan en pequeños grupos para trabajar en equipo e identificar como los desechos que se generan en su área impactan el ambiente y ofrezcan un listado de posibles soluciones adicionales a las que se realizan en la actualidad en su área o departamento.
- Se recomienda hacer un concurso para que los empleados propagan y demuestren como pueden reusarse dentro de las instalaciones del ingenio algún tipo de desechos que se produce dentro del mismo. Y que se publique en el boletín interno de Magdalena los nombres de los empleados inventores.
- En cada área o departamento los mandos medios deben llevar un control específico con información detallada de fortalezas y deficiencias que se observan en su área. Esto con el objetivo de mejorarlas y compartir las buenas practicas con otros departamentos que puedan beneficiarse.
- Continuar con una segunda ronda de capacitaciones para dar seguimiento y compartir con los empleados los logros alcanzados hasta ese momento. De igual manera se pueden establecer nuevas metas a lograr en cada área o departamento.
- Hacer una campaña publicitaria masiva que impacte a los empleados sobre la importancia de cuidar el ambiente. Los materiales con los que se realice la campaña se recomienda que sean amigables con el ambiente.

XII. BIBLIOGRAFÍA

1. Abbasi, T., Tauseef, S. & Abbasi, S. 2011. *BiogasEnergy*. Estados Unidos: Springer.
2. Abo, M., M. P. et al. 2002. Contaminación y Gestión de Residuos. Modulo de Formación Ambiental Básica. Proyecto: Acciones Prioritarias para consolidar la Protección de la Biodiversidad en el Ecosistema Sabana Camaguey. CUB/G 32-CAPACIDAD 21.
3. Al Seadi, T., Rutz, D., Prassl, H., Köttner, M., Finsterwalder, T., Volk, S. & Janssen, R. 2008. *Biogas Handbook*. Dinamarca: University of Southern Denmark Esbjerg.
4. Alvarez, Xiomara; Valdés, Irma; García, Roxana; Porto, Olga; Hernández, Luis M. 2005. Reducción de alcoholes superiores mediante fermentación con mutantes de *Saccharomyces cerevisiae* auxotrofo para aminoácidos ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar Ciudad de La Habana, Cuba.
5. Arnold, K., & Stewart, M. 1999. *Surface Production Operations Volume 2: Design of Gas-Handling Systems and Facilities*. 2ª edición. Estados Unidos: Gulf Publishing Company.
6. Asamblea Nacional Constituyente. 1993. Constitución de la República de Guatemala.
7. Asociación Guatemalteca de Ingeniería Estructural y Sísmica (AGIES), Normas de seguridad estructural de edificaciones y obras de infraestructura para la república de Guatemala. 2010.
8. Berganza, Mauricio. *Manual de basura*. Instituto de Fomento Municipal. Guatemala, 1987.2.
9. Blank, L. y Tarquin, A. 2002. *Análisis de valor presente de alternativas con vidas iguales*. Ingeniería Económica. Sexta Edición. McGraw Hill. Págs. 174-221
10. Camilo D'Aleman. 2010. Valoración de los aceites Fusel residuales en la producción de etanol mediante la formulación de productos innovadores. Meq La revista de química útil. Edición 15.

11. Castillo, B. 2004. *Optimización de las operaciones de transporte en la exportación de un producto de consumo masivo a el Salvador*. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad del Valle de Guatemala, 75 págs.
12. Centro de Acción Legal-Ambiental y Social de Guatemala. 2010. Obtenido el 15 de septiembre de www.calas.org.gt. *Convención de Biodiversidad en Río de Janeiro, Brasil*. 1992. Obtenido el 2 de septiembre de <http://www.iadb.org/Research/legislacionindigena/pdocs/CONVENIODIVERSIDAD.pdf>
13. Coulter, R. 2010. *Responsabilidad Social*. Administración. Décima Edición. Pearson. Págs 91-117
14. Creswell, J. 2003. *Qualitative Inquiry and research design, choosind among five traditions*. Thousand Oaks Sage Publications.
15. Deffis Caso, Armando. 1989. *“La basura es la solución”*. Mexico. Editorial Concepto S.A.
16. Denzin y Lincoln. 1994. *Qualitative Reserch*. Sage Publications, Inc.
17. Deublein, Dieter y Steinhauser, Angelika. 2010. *Biogas from Waste and Renewable Resources: An Introduction*, Second Edition. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
18. Deublein, Dieter; Steinhauser, Angelika. 2008. *Biogas from waste and Renewable Resources*. Alemania. Wiley-VHC. 450 págs.
19. Díaz, Luis, Savage, George & Eggerth, Linda. 2005. *Solid Waste Management*, Volume I. UNEP/Earthprint.
20. Diez, Jennifer. 2009. *Impacto de la capacitación interna en la productividad y estandarización de procesos productivos: un estudio de caso*. International Journal of GoodConscience. 4(2): 97-144. Obtenido el 9 de agosto de [http://www.spentamexico.org/v4-n2/4\(2\)%2097-144.pdf](http://www.spentamexico.org/v4-n2/4(2)%2097-144.pdf)
21. Domingo, José. 2010. *Importancia de la Implementación de una Legislación y Política Integral en el Manejo de Desechos Sólidos en Guatemala*. Tesis de Licenciatura, Universidad de San Carlos, Guatemala.
22. Domínguez, A. *Lombricompost*. Obtenido el 17 de julio de <http://www.slideshare.net/alendovi/lombricompost>
23. Dominguez, Viccelda y Franco Noriel. 1996. *Manejo integral de los desechos sólidos en San Lucas Sacatepéquez*. Guatemala: Estudio especial.
24. El-Mashad, H. & Zhang, R. 2010. *Biogas Production from Co-Digestion of Dairy Manure and Food Waste*. *Bioresource Technology*, 101 (11), 4021-4028.

25. Estados Unidos. 2011. Agencia de protección ambiental (Environmental Protection Agency – EPA). *Methane*. Consultada el 24 de mayo de 2012. <http://www.epa.gov/methane/>
26. Flores, A. 2010. Manual Técnico sobre Generación y Recolección. Obtenido el 23 de agosto de: <http://www.sedesol2009.sedesol.gob.mx/archivos/802402/file/ManualTecnico sobre GeneracionRecoleccion.pdf>.
27. Forster-Carneiro, T. et al 2008. «Influence of total solid and inoculum contents on performance of anaerobic reactors treating food waste.» Elsevier [España] 6994-7002
28. Gallardo, Irenia. 2011. Obtención de acetato de isoamílico a partir de aceites fusel. Simulación del proceso.
29. Gálvez, Von Collas. *Manual de instrucción sobre recolección de residuos sólidos*. Programa Regional OPS/ENP/CEPIS, 1981 y1982.5.
30. Gerardi, M. 2003. *The Microbiology of Anaerobic Digesters*. Estados Unidos. Wiley-Interscience. 177 págs.
31. GreenPeace. 2012. *Las tres r: reduce-reusa-recicla*. Obtenido el 26 de agosto de <http://www.greenpeace.org/mexico/es/Actua/Ecotips/Las-tres-r/>.
32. Guatemala. 2012. *Iniciativa de Ley de Manejo Adecuado de Desechos Sólidos*. Guatemala, Congreso de la República. 7 págs
33. Hernández, R. 2003. *Metodología de la Investigación*. Mexico: McGraw-Hill.
34. *Ingenio Magdalena Guatemala*. 2010. Obtenido el 6 de septiembre de <http://iasmag.imsa.com.gt/inow/web/guest/nosotros>.
35. Jaén, Eddy, et al. 2003. «*Auditoría Medioambiental*». Asociación Nacional de Empresas de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado. La Paz, Bolivia. 117 págs.
36. Jagadish, K., Chanakya, H., Rajabapajah, P. & Anand, V. 1998. *Plug Flow Digestors For Biogas Generation from Leaf Biomass*. Biomass and Bioenergy, 14 (5), 415 – 423.
37. Kassisira, L., Muyiyya, N. 2009. *Assessment of the Effect of Mixing Pig and Cow Dung on Biogas Yield*. The CIGR Ejournal [Uganda]. 11:1329 7págs
38. Kreith, Frank & Tchobanoglous, George. 2002. *Handbook of Solid Waste Management*, Second Edition. Estados Unidos: McGraw-Hill.
39. Lara. 2005. La evaluación en la gestión de proyectos y programas de desarrollo. España Vitoria Co.

40. Liu, X, et al. 2011. «*Biogas Technology – Comprehensive Biotechnology*». Segunda Edición. *Elsevier* [China]. 3:99-114
41. Lund, Herbert F. 1996. *Manual McGraw-Hill de Reciclaje* vol. 1. Mexico. Editorial McGraw-Hill.
42. Lund, Herbert F. 1996. *Manual McGraw-Hill de Reciclaje* vol. 2. Mexico. Editorial McGraw-Hill.
43. Mallia, A. 1997. *Diseño de un Proceso para el Manejo de Residuos Sólidos en Plantas Procesadoras de Aves*, Área de Estudios de Postgrado. Trabajo de Grado para optar al Grado de M.Sc. en Ing. Ambiental. Universidad Carabobo. Colombia.
44. Manejo de Desechos Sólidos. Consultado el 15 de abril de: <http://www.desechos-sólidos.com/manejo-desechos-sólidos.html>
45. Marchaim, U. 1992. *Biogas Processes for Sustainable Development*. Italia: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
46. Martínez B. 2004. *El manejo higiénico de los alimentos*. Editorial Limusa México. 14-39
47. Martinic, S. 2012. Las relaciones entre la evaluación y la sistematización.
48. McCabe, 1991. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. Cuarta Edición. Editorial McGrawHill.
49. McKetta, R. 1980. *Encyclopedia of Chemical Processing & Design*. Marcel Dekker Inc. Vol. 11. New York.
50. Mijangos, N. 2002. *Caracterización y ordenamiento el manejo de Desechos Sólidos*. Tesis, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala. Págs. 121
51. Ministerio De Ambiente Y Recursos Naturales. 2008. Comisión Nacional Para El Manejo De Los Desechos Sólidos (CONADES).
52. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. 1993. *“Impacto de los desechos sólidos en la salud pública”*. Organización Panamericana de la salud OPS/OMS.
53. Ministerio de Salud, Departamento Educación para la Salud, Gobierno de Costa Rica, 1997. *Disposición correcta de la basura*. Obtenido el 3 de septiembre de <http://www.binasss.sa.cr/poblacion/rellenosanitario.htm>
54. Molina, H. 2006. *Manual de Residuos Sólidos*. Obtenido el 14 de julio de: http://www.areadigital.gov.co/Residuos/Documents/Legislacion%20No%20peligrosos/Manual_Residuos_Sólidos.pdf.
55. Montgomery, D. &Runger, G. 2003. *Applied Statistics and Probability for Engineers*, Third Edition. Estados Unidos: John Wiley&Sons, Inc.

56. Municipalidad de Guatemala/BID. 1976. Estudio de plan de recolección y tratamiento final de desechos sólido.
57. Naciones Unidas. 2011. Obtenido el 1 de septiembre de <http://www.un.org/es/>.
58. Naciones Unidas. 2011. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. Obtenido el 3 de agosto de www.cinu.org.mx/onu/estructura/programas/pnuma.htm
59. Neuman, G. D. 2006. El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo social. *Laurus, Revista de Educacion*, 184-187.
60. Niebel, 2010. *Estudio de Tiempos Predeterminados*. Ingeniería de Métodos.
61. Norma Internacional ISO 14001:2004: Sistemas de gestión ambiental – Requisitos con orientación para su uso. 2004. ISO. 26 págs
62. Norma Internacional ISO 19011:2002: Directrices para la auditoría de los sistemas de gestión de la calidad y/o ambiental. 2002. ISO. 42 págs
63. Ortega, Maximiliano. 2009. Installation of a low cost polyethylene biodigester. Belice: IICA.
64. Parajuli, Prakash. 2011. *Biogas Measurement Techniques and the Associated Errors*. Tesis de maestría, Universidad de Jyväskylä, Finlandia.
65. Pérez, Ana. 2012. Estudio del refinamiento del aceite de fusel proveniente de una Industria fermentativa mediante el enriquecimiento del contenido de alcohol isoamílico a través de la técnica de rotaevaporación utilizando diferentes presiones de vacío a 60°C. Universidad de San Carlos de Guatemala.
66. Perry, R. & Green, D. 1984. *Perry's Chemical Engineer's Handbook*. 6ª edición. McGraw Hill. New York.
67. Perry, R., Green, D. 2008. *Perry's Chemical Engineers' Handbook*. Octava edición. McGraw-Hill.
68. Pineda, G. 2010. Caracterización de Biogás proveniente de la Fermentación de la mezcla de Agua de lavado de Café y Glicerina residual de biodiesel por medio de Cromatografía de gases. Tesis de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 52 págs.
69. Recursos Humanos. *Los pasos del proceso de capacitación. PYMES, pequeñas y medianas empresas*. Obtenido el 27 de septiembre de <http://www.emprendepyme.net/los-pasos-del-proceso-de-capacitacion.html>
70. Robinson, Janet. 2001. «Management of Solid Wastes from Industries». En *Industrial Waste Treatment Handbook*, de Frank Woodard. Estados Unidos de América. Butterworth-Heinemann. 477 págs.

71. Rodriguez, S. 2005. *Guía de cómo generar menos residuos*. Obtenido el 8 de agosto de <http://medioambiente.ugtaragon.es/Publicaciones/GuiaGenerarMenosResiduos.pdf>.
72. Ruiz Botero & Luz Dary. 1994. *La sistematización de las prácticas*. Ediciones Tarea, Lima Perú.
73. Sasikumar, K. & Krishna, G. 2009. *Solid Waste Management*. India: PHI Learning Pvt. Ltd.
74. Sasse, L. 1988. *Biogas Plants*. Alemania: Vieweg.
75. Schuldt, Miguel. 2006. *Lombricultura*. España Madrid. Editorial Mundi-Prensa.
76. Shukla, S. 2000. *Solid Waste Management Manual*. India: Ministry of Urban Development, Government of India.
77. Skoog, D. West, D. Holler, J & Crouch, S. (2000). *Química analítica*. Séptima edición. McGrawHill, México. 795 páginas
78. Soto Raxón y Luis Oswaldo. 2003. *Sistema de recolección y disposición de desechos sólidos del municipio de Santa María de Jesús, departamento de Sacatepéquez*. Universidad De San Carlos De Guatemala Facultad De Ingeniería Escuela De Ingeniería Civil.
79. Standard Test Method for Screening Apparent Specific Gravity and Bulk Density of WasteD 5057-90. 1990. ASTM. 2 págs.
80. Standard Test Methods for Moisture, Ash, and Organic Matter of Peat and Other Organic Soils D 2974-87. 1987. ASTM. 2 págs
81. Suslov, Yu; Kushchev, L. 2010. «Biogas Technology – A contemporary method for processing organic wastes». *Chemical and Petroleum Engineering*. 46:308-311
82. Tchobanoglous, George. Theisen, Hilary. Vigil, Samuel. 1998. *Gestión integral de residuos sólidos vol.2*. México. Editorial McGraw-Hill.
83. Tchobanoglous, George. Theisen, Hilary. Vigil, Samuel. 1998. «Gestión integral de residuos sólidos vol.1». México. Editorial McGraw-Hill.
84. Treybal, Robert E. 1988. *Operaciones de Tránsito de Masa*. 2ª Edición. MacGraw-Hill Book Co. USA. p. 378-512
85. Urdiales, C. 1999. *Contaminación Ambiental*. México Editorial CASA
86. Veliz, D. 2007. *Propuesta para el manejo integral de los Desechos Sólidos urbanos en el municipio de Sumpango, Sacatepéquez*. Tesis, Universidad del Valle de Guatemala, Guatemala.

87. Villa, J. 2008 Gestión de Compras y Abastecimiento. Obtenido el 20 de junio de <http://www.slideshare.net/juanvillagomezch/gestion-de-compras-y-abastecimiento>.
88. Walsh, J., Ross, C., Smith, M., Harper, S., & Wilkins, A. 1988. Biogas Utilization Handbook. Estados Unidos: Tennessee Valley Authority.
89. Wiese, Jürgen; Oeynhaus, Bad. 2007. «Monitoring of digesters in biogas plants». Alemania.
90. Williams, Paul. 2006. Waste Treatment and Disposal, Second Edition. Estados Unidos: John Wiley & Sons.
91. Winston, Wayne. 2010. Modelos de Red: Problemas de árbol de expansión mínima. Investigación de Operaciones. Cuarta Edición. Pags. 413 – 474
92. Woodard, Frank. 2001. Industrial Waste Treatment Handbook. Estados Unidos: Butterworth-Heinemann. 477 págs.
93. Xeologosdelmundo. 1992. Declaración de Dublín sobre Agua y Desarrollo Sostenible. Obtenido el 27 de septiembre de http://www.xeologosdelmundo.org/files/declaracion_dublin.pdf

XIII. APÉNDICE A: PROCEDIMIENTOS

A. Procedimiento para la Prevención de Generación de Desechos Sólidos en Gestión de Compras

1. RESPONSABILIDADES

a. **Comité de Manejo de Desechos.** Revisar y modificar este procedimiento anualmente de acuerdo a las necesidades en la operación normal del ingenio con respecto al proceso de compras.

b. **Jefaturas de área.** Realizar acciones para asegurar los lineamientos establecidos en este procedimiento.

c. **Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.** Monitorear, analizar y reportar el funcionamiento del Programa de Manejo de Desechos (PMD) y resolver problemas relacionados con el mismo en el área.

2. DESARROLLO

a. **Requisición de materiales.** En la requisición de materiales realizada por cada área se debe especificar en qué presentación se necesita el producto a comprar. Por ejemplo, si se necesitan 5 litros de aceite, se deberá indicar para qué serán utilizados y si es necesaria su compra en litros o en galón con el fin de minimizar los envases de plástico.

Se deberá incluir en el formato de requisición de materiales lo siguiente:

- Producto solicitado
- Cantidad
- Tiempo proyectado de uso en años, meses y días
- Indicar si existe dificultad en transportarlo

b. Cotización. Solicitar a los proveedores incluir en la cotización la siguiente información:

- Presentaciones disponibles
- Material del empaque
- Posibilidad de devolución el material de empaque

c. Selección del proveedor. En este paso se deberá evaluar a los proveedores de acuerdo a los criterios de evaluación establecidos en el siguiente formato:

Producto o Material:	Nombre Proveedor:			
Aspecto a Evaluar	Calificación		Ponderación	Evaluación
Cotización	Recibida el mismo día	5	2%	
	Al día siguiente	3		
	Más de dos días	1		
Precio del Producto o Material	Debajo del precio Promedio	5	20%	
	Precio Promedio	3		
	Por encima del precio promedio	1		
Calidad del Producto	Cumple con las especificaciones	5	10%	
	No cumple con las especificaciones	1		
Plazo de Entrega Local	Plazo de Entrega menor al tiempo promedio	5	8%	
	Plazo de Entrega tiempo promedio	3		
	Plazo de Entrega mayor al tiempo promedio	1		
Plazo de Entrega Internacional	Plazo de Entrega menor al tiempo promedio	5		
	Plazo de Entrega tiempo promedio	3		
	Plazo de Entrega mayor al tiempo promedio	1		
Calidad del Empaque	Cumple con las especificaciones	5	20%	
	No cumple con las especificaciones	1		
Devoluciones de Empaque	El proveedor recibe el material de empaque devuelta y le da un trato amigable al mismo	5	20%	
	El proveedor recibe el material de empaque devuelta sin darle un trato amigable al mismo	3		
	El proveedor no recibe el material de empaque devuelta	1		
Orden Perfecta	Se entrega la cantidad exacta, en el lugar indicado, en la fecha estipulada	5	5%	
	Falta uno de los factores mencionados	3		
	Falta dos de los factores mencionados	1		
Posibilidad de reciclaje de empaque	El material de empaque es de plástico/cartón	5	10%	
	El empaque es de otro tipo de material	1		
Servicio Post Compra	Excelente servicio post compra	5	5%	
	Buen servicio post compra	3		
	Mal servicio post compra	1		
Evaluación Total			100%	0%

d. Orden de compra.

La orden de compra deberá indicar lo siguiente:

- Presentación y unidad de medida del producto
- Si se llevará a cabo una devolución del empaque del producto

e. Recepción. Al momento de recibir en bodega central el producto solicitado, se deberá verificar que lo entregado coincida con lo solicitado en la orden de compra.

Posterior a esto, se registrará no solo la cantidad de producto o material recibido, sino también los empaques en los que vengan contenidos.

f. Control de calidad. Se deberá incluir en la inspección de calidad no solo la verificación de los requisitos de calidad de cada producto recibido, sino también que el empaque de cada uno de ellos esté en perfectas condiciones para ser almacenado y posterior al uso del producto, éste sea desechado y destinado a su correcto manejo.

Se deberá comunicar a los proveedores sobre esta solicitud y modificación en el procedimiento de compras.

g. Devoluciones. Todo material o producto que no cumpla con las especificaciones de calidad durante el tiempo de garantía del mismo, será devuelto al proveedor.

h. Almacenamiento. Luego de cumplido el proceso de compra, se procederá a almacenar el producto o material recibido. Al almacenar el producto, asegurarse que los racks estén en perfectas condiciones de limpieza. Se establece una rutina de limpieza en los lugares de almacenaje del producto para así reducir la contaminación de los empaques y demás material que tenga potencial de ser reciclado.

i. **Relación con proveedores.** Se comunicará a los proveedores sobre los cambios establecidos en el procedimiento de compras, expresándoles la importancia que estos tienen para cumplir el objetivo de reducir los desechos en gestión de compras y recepción de bodega central.

B. Procedimiento general de baterías y contenedores

1. RESPONSABILIDADES

a. Comité de Manejo de Desechos (CMD)

- Revisar y modificar este procedimiento anualmente, de acuerdo a las necesidades en la operación normal del ingenio.
- Asignar a un Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos por área y revisar los reportes mensuales para implementar acciones preventivas o correctivas al programa.
- Evaluar el desempeño de todas las áreas del Ingenio Magdalena, S.A. y realizar las respectivas llamadas de atención o sanciones a las áreas que no cumplan con el Programa de Manejo de Desechos.

b. Jefaturas de área

- Implementar el procedimiento y realizar acciones que permitan llevarlo a cabo integralmente en cada área.
- Asignar el personal recolector requerido por el Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.
- Revisar el desempeño del Programa de Manejo de Desechos trimestralmente para analizar los avances y deficiencias relacionados con el programa, y realizar recomendaciones al Comité del Programa de Manejo de Desechos.
- Asegurar el cumplimiento de los lineamientos enumerados en este procedimiento, y realizar las sanciones correspondientes en caso ocurra lo contrario.

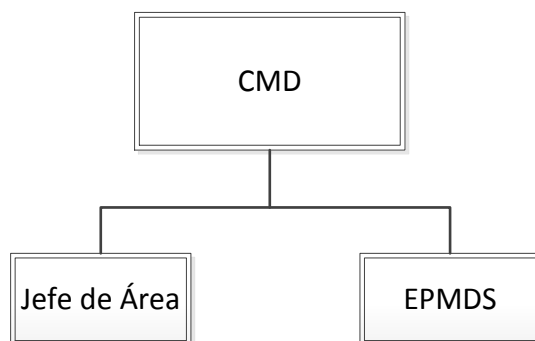
c. Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (EPMDS)

- Monitorear, analizar y reportar el funcionamiento del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (PMDS) al Comité.
- Detectar, documentar y reportar las deficiencias del programa.
- Resolver problemas relacionados con el PMD en el área.
- Reportar si considera pertinentes modificaciones en el programa, de tal manera que se adapten los lineamientos del mismo a la operación y necesidades de los módulos habitacionales de su aplicación.
- Capacitar, administrar y auditar las funciones del personal recolector.
- Realizar un reporte mensual, incluyendo el desempeño del personal recolector y de los usuarios respecto al cumplimiento del Programa de Manejo de Desechos.

2. DESARROLLO

a. Jerarquía

Figura No. 31 Organigrama del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.



Existe un Comité de Manejo de Desechos que es la máxima autoridad en el Programa de Manejo de Desechos. El Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos se encarga de entregar resultados al CMD para que éste último evalúe el desempeño de los Jefes de Área y los EPMDS.

b. Baterías y contenedores de Acopio. El objetivo de los recipientes es proveer una herramienta para poder acumular los desechos sólidos generados en el ingenio y al mismo tiempo clasificarlos para su disposición final. Todos los desechos sólidos se deben depositar dentro del recipiente de la batería que corresponde a la categoría del desecho en cuestión. Queda terminantemente prohibido depositar desechos en la categoría incorrecta.

En casos especiales, en donde se generen desechos poco usuales en el área y no se cuente con los recipientes adecuados para su clasificación, los desechos deben ser agrupados en una bolsa (o algún otro método conveniente) dentro del área de generación y se debe notificar al Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos del área (EPMDS) para que éste autorice la recolección. Las únicas personas que pueden trasladar estas bolsas para su disposición son los recolectores previamente autorizados por el EPMDS. En estas bolsas sólo se pueden colocar desechos para los cuales no existe un recipiente adecuado cercano. El surgimiento de esta situación debe registrarla el EPMDS en el registro RE-GCA-GCA-XX1: Casos especiales en la Generación de Desechos Sólidos.

La función principal de los contenedores de acopio es agrupar las bolsas de desechos que provienen únicamente de los recipientes de las batería asignadas, de acuerdo al Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos por tipo de operación; únicamente los recolectores pueden remover las bolsas de las baterías y trasladarlas a los contenedores.

El incumplimiento a la forma de uso de las baterías y los contenedores de acopio será sancionado.

1) Aclaraciones y excepciones. Todas las bolsas utilizadas en los recipientes deben ser de color negro, a excepción de las bolsas para desechos sanitarios y para desechos de alto riesgo, en donde la bolsa debe ser blanca y roja, respectivamente.

Los recipientes para Desechos Sanitarios sólo están presentes en baños y habitaciones. Estos no tienen forma ni tamaño definidos, pero son considerablemente

más pequeños que los demás recipientes (se utilizan recipientes comúnmente utilizados en baños). Los desechos sanitarios siempre se acumulan en bolsas blancas y se colocan en el compartimiento para desechos No Clasificados en los contenedores de acopio.

Los Desechos de Alto Riesgo sólo se deben generar en las clínicas. Estas bolsas siempre deben ser de color rojo.

Todos los recipientes deben estar techados. Además de estar techados, los recipientes que contengan desechos orgánicos y de alto riesgo deben tener una tapadera propia del recipiente. Adicionalmente, todas las áreas deben contar con al menos un recipiente para chatarra.

Desechos como sacos, jumbos, nylon sucio, y bolsas de celite, se deben acumular directamente dentro de los contenedores correspondientes, correctamente amarrados con lazo para su fácil manejo. Debe existir un contenedor de acopio exclusivo para este tipo de desechos en las áreas en donde se generan.

En ocasiones se generan desechos que por su gran tamaño, no se pueden depositar en los recipientes de las baterías; como tierra, ripio, bagazo no combustible, recipientes vacíos, filtros sucios, cajas, chatarra en general, entre otros. En estos casos, el responsable de la generación de dicho desecho debe depositarlo directamente en el contenedor correspondiente a su clasificación, debidamente amarrado con lazo o en una bolsa (de ser necesaria) para su fácil manejo e identificar el área de procedencia del mismo.

Si el desecho es muy grande para su manejo, o no existe espacio suficiente dentro del contenedor, se debe notificar al EPMDS para que él decida la ubicación provisional de estos.

c. Codificación

1) Código

Cada recipiente de cada batería debe estar identificado por un código conformado por tres partes, cada una de ellas separada por un guion menor:

- Área de generación de desecho: Indicar el área de acuerdo al código de área indicado en la siguiente tabla.

Tabla No. 67: Códigos de área para las áreas del ingenio.

Área	Código de área
400	4
Magalcoholes	A
Biofábrica	B
Cuadra	C
Escuelita	E
Fábrica	F
Hotel/montañita	H
Cocina Industrial	I
Magrisa	M
Obra Civil	O
Módulo San Patricio	P
Cooperativa	R
Torre de caña	T

- Número de batería dentro del área: Debe contener tres dígitos, en caso falte uno o dos dígitos, agregar la cantidad de ceros necesaria para cumplir esto. Por ejemplo, el segundo término de la quinta batería de un área determinada se representa por 005, mientras que la decimosegunda batería se representa por 012.

- Tipo de desecho que contiene el recipiente: Indicar el tipo de desecho que contiene el recipiente, de acuerdo a la numeración indicada en la tabla que sigue. Este código también identifica al recipiente dentro de la batería.

Tabla No. 68: Códigos para cada categoría de desecho.

Desecho	Numeración
Orgánico	1
Papel/Cartón	2
Plástico/Latas	3
Vidrio	4
Bagazo	5
No clasificado	6
Eléctricos y Electrónicos	7
Duroport	8
Alto riesgo	9
Chatarra	C

Por ejemplo, el código para el recipiente de Plástico y Latas de la séptima batería de Magalcoholes es:

A-007-3

Este código también se debe colocar en la parte externa central de la bolsa al recolectarla, utilizando una tira de masking tape de 4.8 cm de ancho y aproximadamente 10 cm de largo con el código escrito legiblemente utilizando marcador permanente de color negro.

Adicionalmente, el código también debe estar presente en los recipientes y en los contenedores. Para los contenedores, sólo se deben incluir las primeras dos partes del código, es decir, el área de origen de los desechos y el número de contenedor dentro del área.

Por ejemplo, el código del séptimo contenedor de Fábrica es:

F-007

- Formato

El código de los recipientes de las baterías debe pintarse en el recipiente con letras de color negro, dentro de un rectángulo blanco de 0.05m de alto por 0.28m de largo. Este cuadro debe estar centrado horizontalmente y 0.075m debajo de la parte superior del recipiente.

El código de los contenedores debe pintarse con letras de color negro dentro de un rectángulo blanco de 0.10m de alto por 0.30m de largo, en la parte frontal central del contenedor (entre las dos puertas).

2) Color. El tipo de desecho se identifica visualmente por color, de acuerdo a la siguiente tabla.

Tabla No. 69: Color que representa a cada categoría de desecho.

Desecho	Color	Tono	Código del color
Orgánico	Negro		#000000
Plástico/Latas	Amarillo		#FFFF00
Papel/Cartón	Azul		#1F497D
Vidrio	Verde		#10A040
Bagazo	Morado		#403152
Eléctricos y Electrónicos	Café		#663300
Duroport	Gris		#595959
No Clasificado	Anaranjado		#E36C0A
Alto Riesgo	Rojo		#FF0000
Chatarra	Celeste		#8DB3E2

Los recipientes de las baterías deben estar completamente pintados en la parte externa de acuerdo al tipo de desechos que contienen. Los contenedores deben estar pintados totalmente de azul, además, las puertas se deben pintar del color del tipo de desechos que almacenan.

3) Rótulo. Cada uno de los recipientes de la batería debe estar rotulado con una calcomanía de 0.28m de alto por 0.28m de ancho, de acuerdo a las siguientes figuras.

Figura No. 32 Rótulo de desechos orgánicos.



Figura No. 33 Rótulo de desechos de papel y cartón.



Figura No. 34 Rótulo de desechos de plástico y latas.



Figura No. 35 Rótulo de desechos de vidrio.



Figura No. 36 Rótulo de desechos de duroport.



Figura No. 37 Rótulo de desechos de alto riesgo.



Figura No. 38 Rótulo de desechos de bagazo.



Figura No. 39 Rótulo de desechos no clasificados.



Estas calcomanías se deben colocar en la parte central del recipiente y se deben pedir utilizando el registro RE-GCA-GCA-X20: Formato para Petición de Calcomanías para recipientes y contenedores.

d. Tipos de recipientes. El tipo de recipiente utilizado para recolectar los desechos sólidos depende de cada área del ingenio. Existen cuatro tipos de recipientes:

- Tonel de metal usado: 0.2360m^3 de capacidad
- Tonel de plástico usado: 0.1016m^3 de capacidad
- Recipiente plástico de perfil rectangular con tapadera manual: 0.0577m^3 de capacidad
- Recipiente plástico de perfil rectangular con tapadera con acción de pedal: 0.0577m^3 de capacidad

Siempre que sea posible, los recipientes deben ser toneles de metal o plástico usados, para promover la cultura de reutilización. En casos donde no sean adecuados los recipientes anteriores, se utilizan los otros dos tipos. El cuarto tipo se utiliza sólo en áreas críticas.

En la sección de anexos se presentan las formas aproximadas y dimensiones de los distintos recipientes, junto con los espacios para el rótulo y el código.

En caso de utilizar toneles de metal, estos deben ser lijados y recubiertos con pintura anticorrosiva para maximizar su tiempo de vida.

e. Tipos de contenedores de acopio. Todos los contenedores de acopio deben ser de las medidas que muestra la figura en anexos. Cada compartimiento del contenedor tiene capacidad de 1.8m^3 . Las puertas son deslizables.

f. Ubicación de baterías y contenedores. La información se proporciona por medio de un documento que contiene un plano del área en donde se puede observar la ubicación de las baterías y los contenedores. Las baterías se representan por un grupo de círculos rellenos encerrados por un rectángulo. Los círculos rellenos representan los recipientes presentes en la batería y cada círculo es del color que representa al tipo de desecho. El número de la batería debe ir adyacente al rectángulo y el color del rectángulo depende del nivel en el que esté ubicada la batería:

- Nivel 1: Rojo
- Nivel 2: Azul
- Nivel 3: Verde
- Nivel 4: Celeste
- Nivel 5: Anaranjado

Los contenedores de acopio se representan por círculos rellenos de color azul de cuatro veces el diámetro de los recipientes. El número del contenedor debe ocupar todo el círculo, estar colocado en el centro y ser de color blanco.

Existe un documento de este tipo por área, los cuales se deben actualizar máximo dos semanas después de cualquier cambio en los mismos. Adicionalmente, existe un documento por área en el que se tabulan las baterías, recipientes y contenedores existentes.

g. Criterios para elegir y ubicar las baterías y los contenedores. Los criterios que se utilizan son los siguientes:

- Facilidad de acceso y extracción,
- Tipos de desechos generados
- Cantidad de desechos generados
- Distancia
- Seguridad
- Tipo de operación

Facilidad de acceso y extracción: Los recipientes y contenedores no deben colocarse en lugares muy cerrados ni rodeados de equipo o estructuras. Debe haber suficiente espacio para realizar la maniobra de recolección.

Tipos de desechos generados: Sólo se colocan recipientes y contenedores para albergar los tipos de desechos que se generan en el área. Si más adelante se deja de generar algún tipo de desecho o se empieza a generar un tipo de desecho que no se generaba antes, se debe remover o agregar el recipiente y contenedor correspondiente según sea el caso. El registro RE-GCA-GCA-XX1: Casos Especiales en la Generación de Desechos Sólidos brinda información para agregar más recipientes de ser necesario.

Cantidad de desechos generados: La cantidad de recipientes y contenedores dependen de la cantidad de desechos que se generen. Si los recipientes tardan mucho tiempo en llenarse significa que se deben remover, ya que no son necesarios. Si los recipientes se saturan entre tiempos de recolección, significa que es necesario agregar más recipientes en el área.

Distancia: No puede haber dos o más baterías a menos de 10m entre sí, a menos que una sola no sea suficiente para albergar los desechos generados.

Seguridad: Las baterías y contenedores no deben estar ubicados en lugares en donde puedan poner en peligro la seguridad de las personas. Por ejemplo, no deben estar en el camino principal por donde caminan las personas.

Tipo de operación: Existen áreas que por el tipo de operación que se maneja en éstas, no se puede utilizar cualquier tipo de recipiente (por ejemplo: fábrica).

h. Asignación de baterías a contenedores y recolectores. Cada área tiene su propio personal recolector y la cantidad y forma de dividir el trabajo depende de la extensión del área. La información de la asignación de baterías y contenedores a recolectores se proporciona por medio de documentos por área. Existen dos documentos de este tipo por área, uno que indica las baterías asignadas a los diferentes recolectores y otro que indica las baterías asignadas a los contenedores de acopio.

i. **Rutas de recolección.** La ruta de recolección de los recipientes es decidida por el EPMS del área. Esta ruta debe estar diseñada para minimizar el tiempo y esfuerzo que toma la recolección de los desechos de los recipientes. La ruta se indica uniendo líneas entre las baterías en el orden en que se recolectan, y el inicio y fin de la ruta deben estar indicados con letras. En el caso en donde hay más de un recolector en el área, las líneas de la ruta de recolección deben ser de diferente color.

j. **Proceso general interno de recolección**

1) **Cobertura.** La recolección de desechos sólidos se realiza en todas las áreas del ingenio.

2) **Frecuencia.** El recorrido se debe realizar todos los días de la semana, a menos que el Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos por tipo de operación notifique una excepción.

3) **Recolección.** Todos los recolectores deben utilizar el equipo de seguridad apropiado, el cual consiste en:

- Casco, lentes y zapatos industriales (en Áreas Industriales)
- Guantes de látex
- Mascarilla
- Cinturón para fuerza
- Botas de hule (en áreas donde no apliquen zapatos industriales)

La extracción de las bolsas de los desechos orgánicos se debe realizar en base a tres criterios: clasificación, tiempo de estadía y nivel, en ese orden de importancia.

La clasificación se refiere a que el recolector realiza una inspección rápida de los desechos dentro del recipiente. Los desechos del recipiente no se deben extraer si en la inspección se detecta que existen desechos que no pertenecen a la categoría.

El tiempo de estadía es sólo importante para los desechos orgánicos. Estos se deben recolectar como mínimo una vez al día para evitar su descomposición.

El nivel se representa como porcentaje de la capacidad total del recipiente. Para recolectar los desechos del recipiente, el nivel debe ser igual o mayor que el presentado en la siguiente tabla.

Tabla No. 70: Niveles a los que se debe extraer la bolsa de los recipientes para las diferentes categorías de desechos.

Desecho	Nivel
Orgánico	50%
Plástico/Latas	75%
Papel/Cartón	50%
Vidrio	50%
Bagazo	50%
Eléctricos y electrónicos	50%
Duroport	75%
No clasificado	50%
Alto riesgo	50%
Chatarra	50%

Cada recolector está encargado de las baterías que el Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (EPMDS) le asigne.

El proceso de recolección es como sigue:

- El recolector debe pasar por todos los recipientes de las baterías asignadas, sin excepción.
- Revisar visualmente el nivel de desechos dentro de cada recipiente y realizar una inspección rápida de los desechos depositados.
- Si la clasificación de desechos en el recipiente no es satisfactoria, llenar el registro RE-GCA-GCA-XX2: Clasificación de Desechos Sólidos en las Baterías y no recolectar. Si se cumple el requisito anterior, el recipiente es de desechos orgánicos y ya llevan un día

en el recipiente, recolectar los desechos. Si se cumple el primer requisito y el requisito de nivel, recolectar.

- Si se va a recolectar el desecho, se retira cuidadosamente la bolsa, se cierra con un nudo de tal manera que los desechos se mantengan dentro de la bolsa ante la manipulación. El nudo no debe ser muy difícil de abrir (para poder abrir e inspeccionar su interior sin romper la bolsa) ni muy fácil de abrir (para que no se abra durante la manipulación de la bolsa).
- Si la bolsa está rota o tiene algún tipo de rasgadura, ésta se debe introducir en una bolsa nueva y cerrar adecuadamente con un nudo.
- Se escribe en una tira de masking tape de 4.8cm de ancho por aproximadamente 10cm de largo el código del recipiente de donde se extrajo la bolsa.
- Se coloca una bolsa nueva al recipiente que se le extrajo la bolsa con desechos, enrollándola en la parte superior del recipiente para asegurarse que se mantenga abierta y disponible para aceptar desechos.
- Llenar el registro RE-GCA-GCA-XX3: Ejecución, Limpieza, Sanitización y Estado de Baterías de Recipientes de Desechos Sólidos utilizado para el mantenimiento de los recipientes.
- Repetir el proceso para todos los recipientes asignados.
- Se depositan las bolsas recolectadas en el contenedor de acopio asignado a la batería según su clasificación (el contenedor asignado a cierto grupo de baterías se establece en el Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos por tipo de operación).
- Llenar el registro RE-GCA-GCA-XX4: Ejecución, Limpieza, Sanitización y Estado de Contenedores de Acopio utilizado para el mantenimiento de los contenedores de acopio.
- Al terminar la semana, entregar los registros RE-GCA-GCA-XX2, RE-GCA-GCA-XX3 y RE-GCA-GCA-XX4 al EPMD.

k. Mantenimiento. El mantenimiento de las baterías debe realizarse de acuerdo a la información proporcionada por el registro RE-GCA-GCA-XX3: Ejecución, Limpieza, Sanitización y Estado de Baterías de Recipientes de Desechos Sólidos. Para el caso de los contenedores de acopio se utiliza la información proporcionada por el

registro RE-GCA-GCA-XX4: Ejecución, Limpieza, Sanitización y Estado de Contenedores de Acopio. El EPMDS debe revisar este registro cada semana, para analizar si existe alguna situación reportada que se deba corregir; luego de encontrar una anomalía en el estado de un recipiente o contenedor, debe revisar el recipiente en cuestión, determinar inmediatamente qué solución darle al problema para llevarla a cabo lo antes posible.

I. Control. El cumplimiento de este procedimiento es supervisado en todas las áreas del ingenio. En caso de detectar alguna anomalía en la clasificación de desechos en las baterías, los recolectores deben llenar el registro RE-GCA-GCA-XX2: Clasificación de Desechos Sólidos en las Baterías y entregarlo al EPMDS del área (asignado en el Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos por tipo de operación) quien a su vez debe entregar una copia al jefe de área. Éste último debe tomar las acciones correspondientes ante la anomalía presentada.

El personal del camión recolector se encarga de llenar el registro RE-GCA-GCA-XX5: Clasificación de Desechos Sólidos en los Contenedores de Acopio para detectar anomalías en los contenedores de acopio. Una copia de estos registros es entregada al encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos, quien debe tomar acciones correctivas con los recolectores, en caso de ser necesario.

El personal del Centro de Acopio se encarga de registrar la codificación con que llegan los desechos sólidos del ingenio. Una copia de estos registros se entrega los jefes de área, quienes deben tomar acciones correctivas en conjunto con los EPMDS y estos últimos con los recolectores para solucionar las anomalías detectadas por este medio.

m. Sanciones. Si los resultados de una auditoría comprueban que las baterías y/o contenedores se encuentran en mal estado, y los recolectores reportaron con anterioridad dicho estado (en el registro RE-GCA-GCA-XX3), el Comité de Manejo de Desechos debe realizarle una llamada de atención al EPMDS del área. Si en un período de un año (iniciando desde la primera llamada de atención), el EPMDS recibe

tres llamadas de atención, el CMD debe aplicar una sanción más severa de acuerdo a su criterio.

Si los resultados de una auditoría comprueban que los contenedores y/o baterías están sucios, los contenedores no se están utilizando correctamente, las bolsas que se encuentran en los contenedores están rasgadas o no tienen la codificación, etc., el Comité de Manejo de Desechos debe notificárselo al EPMDS del área para que haga una llamada de atención a los recolectores asignados a esas baterías. La segunda llamada de atención (en menos de un año desde la primera llamada de atención) significa una suspensión de dos días para el recolector, y al tener tres llamadas de atención (en menos de un año desde la primera llamada de atención), se debe aplicar una sanción más severa de acuerdo al criterio del EPMDS.

3. Anexos

4.

Figura No. 40 Diagrama de bloques del proceso de recolección de desechos sólidos.

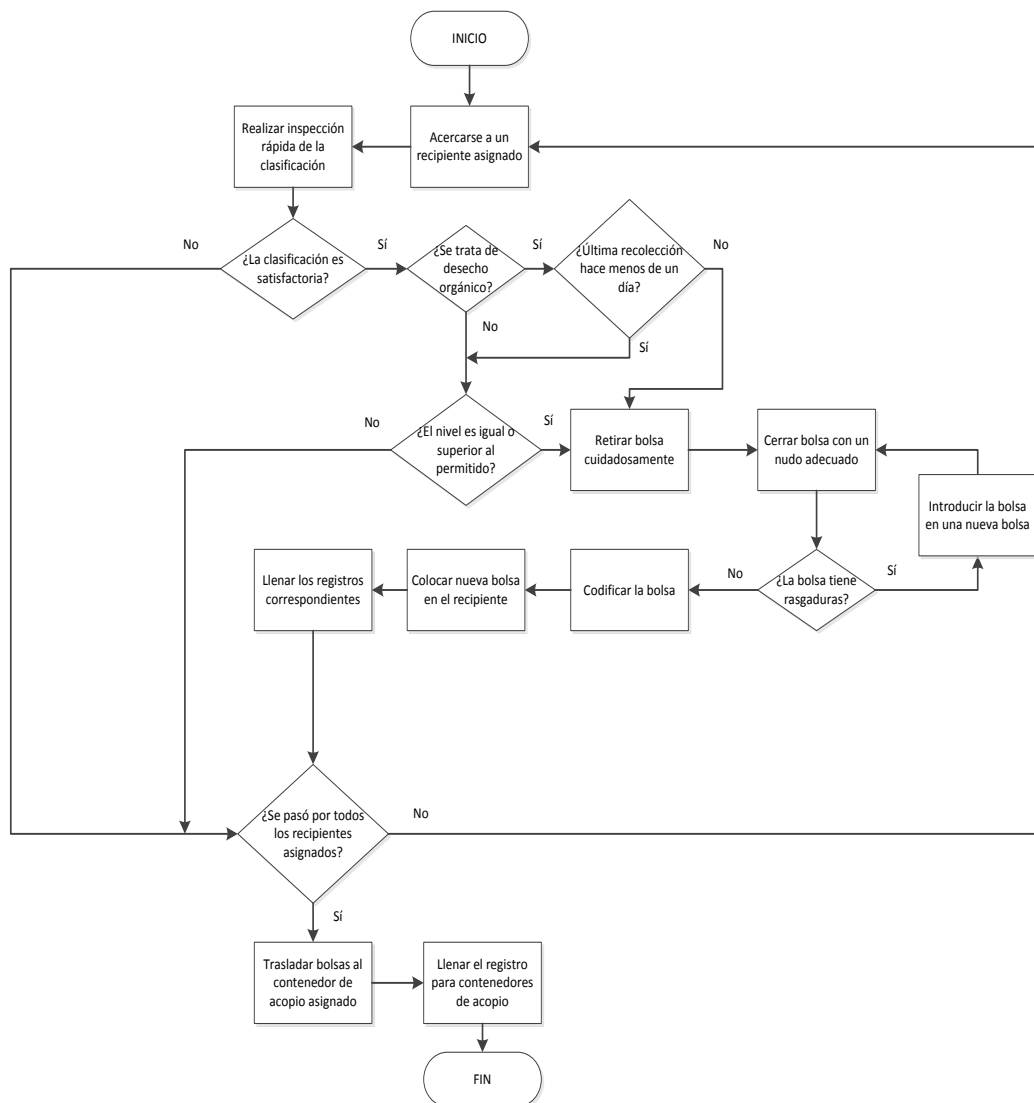


Figura No. 41 Esquema del tonel de metal para recolectar desechos sólidos.

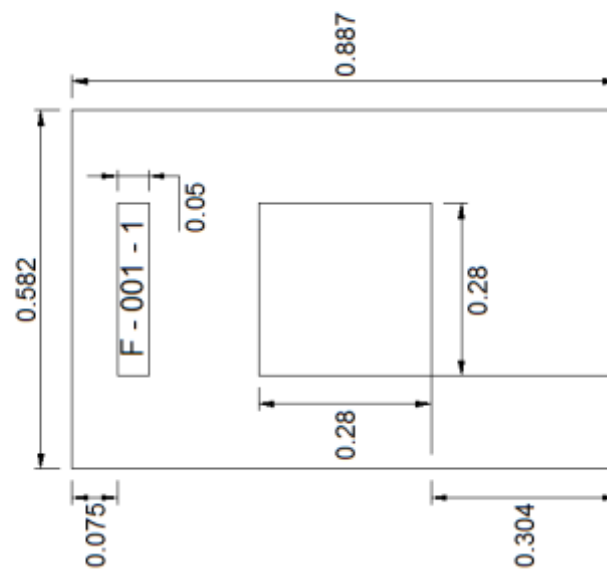
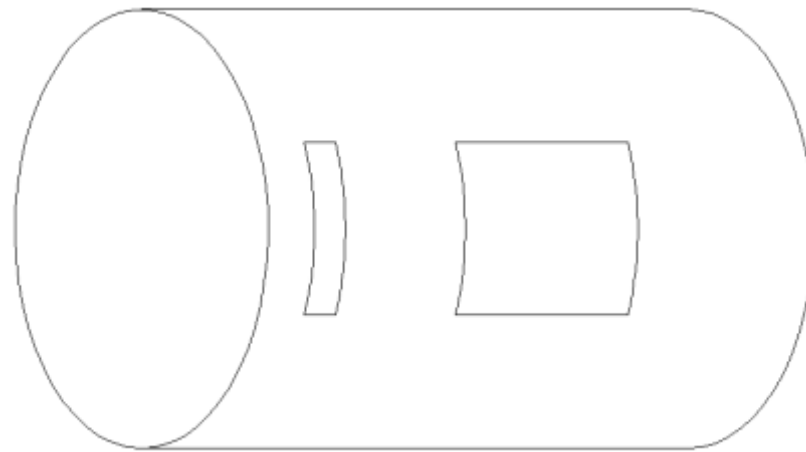


Figura No. 42 Esquema del tonel de plástico para recolectar desechos sólidos.

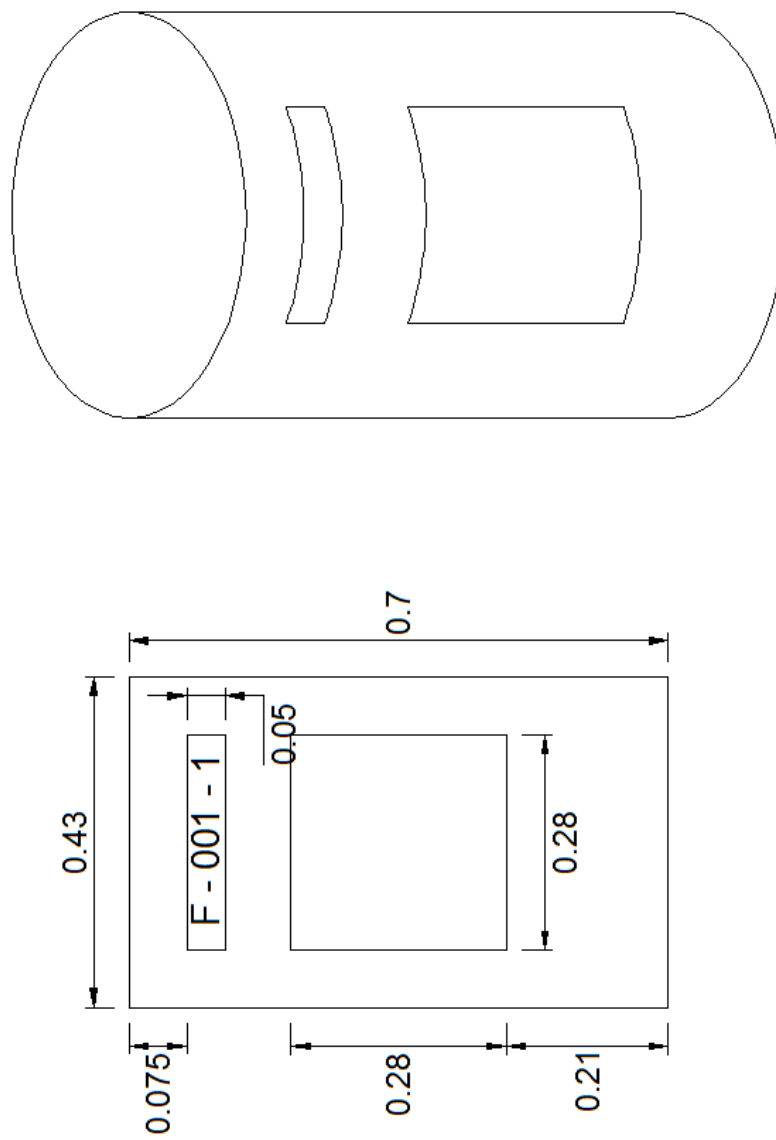


Figura No. 43 Esquema del recipiente plástico de perfil rectangular para acumular desechos sólidos.

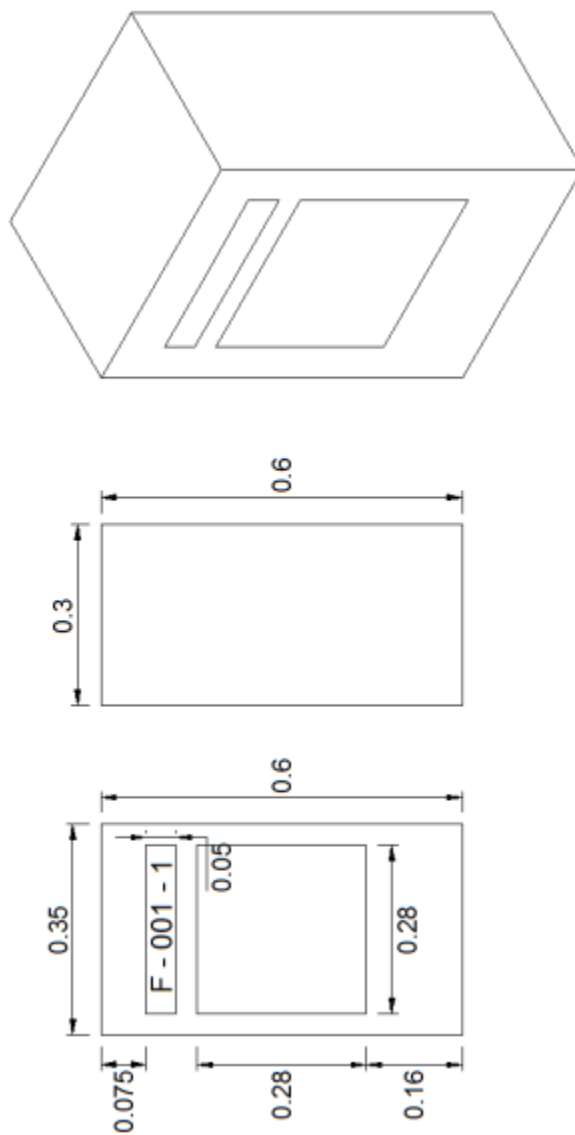
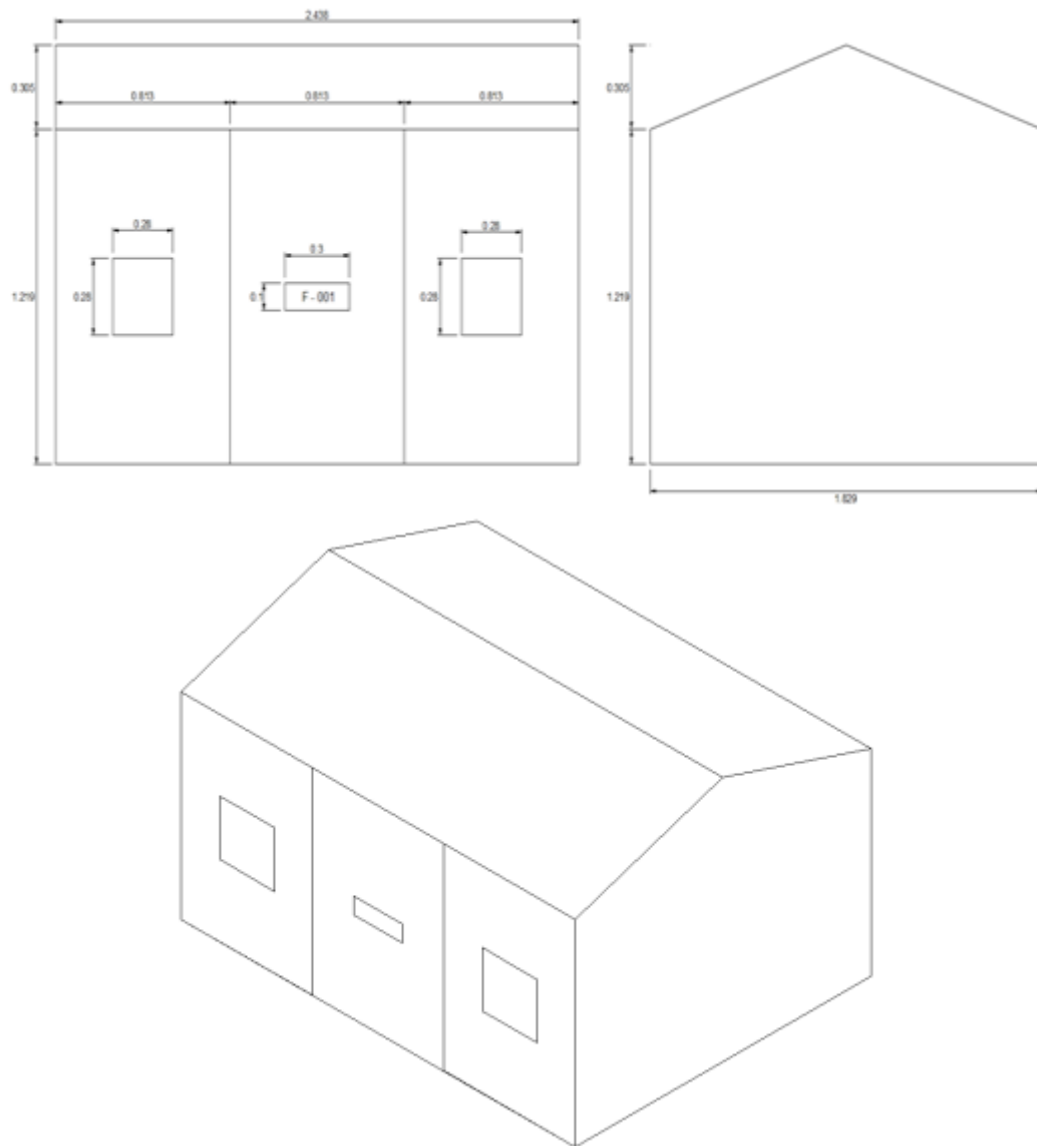


Figura No. 44 Esquema del contenedor de acopio.



C. Procedimiento de implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Área Industrial: Fábrica

1. Ubicación de las baterías y contenedores

- Revisar el documento DO-GCA-GCA-XX7: Ubicación de las Baterías y Contenedores de Acopio en Fábrica para observar el plano con la ubicación de las baterías.
- Revisar el documento DO-GCA-GCA-XX8: Información Descriptiva de la Ubicación de Baterías y Contenedores de Acopio en Fábrica para observar la información anterior tabulada.

2. Tipos de recipientes. Las subáreas de maduración y empaque, y refinación deben contar con recipientes del tipo 4. Las demás subáreas deben contar con recipientes del tipo 3.

3. Asignación de baterías a contenedores y recolectores. El personal recolector se divide en ocho grupos que abarcan toda la fábrica, y cada grupo tiene un responsable. Cada grupo está conformado de 3 – 4 personas (incluyendo al responsable), según se requiera.

Para observar la asignación de baterías a recolectores y contenedores, revisar los siguientes documentos:

- DO-GCA-GCA-XX9: Asignación de Baterías a los Recolectores en Fábrica
- DO-GCA-GCA-X10: Asignación de Baterías a los Contenedores de Acopio en Fábrica

4. Horario. La recolección se realiza todos los días a partir de las 7:00 am.

5. Rutas de recolección. La ruta de recolección se indica en el siguiente documento:

- DO-GCA-GCA-X11: Rutas de recolección de baterías en fábrica

6. Proceso de recolección. El responsable del grupo está encargado de inspeccionar el trabajo de los demás recolectores del grupo y llenar los registros RE-GCA-GCA-XX3: Ejecución de Limpieza, Sanitización y Estado de Baterías de Recipientes de Desechos Sólidos, y RE-GCA-GCA-XX4: Ejecución de Limpieza, Sanitización y Estado de Contenedores de Acopio, todos los días. Además, cada recolector debe llenar diariamente el registro RE-GCA-GCA-XX2: Clasificación de Desechos Sólidos en las Baterías.

Al finalizar la semana, los recolectores deben entregar el registro que llenaron al responsable de su grupo. Luego, el responsable de cada grupo debe entregar todos los registros de la semana al Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos de Fábrica (EPMDSF). A su vez, el EPMDSF debe entregar un registro en blanco por cada recolector a cada responsable de grupo para la nueva semana.

El proceso de recolección de las baterías se realiza como indica el Procedimiento General de baterías y contenedores. Las particularidades que aplican para Fábrica son:

- Las bolsas del primer nivel de la fábrica se trasladan a los contenedores de acopio por medio de carretillas de mano
- Las bolsas de los niveles superiores de fábrica se bajan al primer nivel por medio del elevador manual. Posteriormente se transportan hacia el contenedor de acopio correspondiente.
- Cuando se generen desechos muy grandes, estos se acumulan directamente en un área designada por el EPMDSF para su disposición directa por medio del camión de desechos.

7. Control. Además del control indicado en el Procedimiento General de baterías y contenedores, el personal de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) se encarga de supervisar el uso adecuado de las baterías y los contenedores de acopio en Fábrica. En caso de un uso inadecuado de las baterías o contenedores, el supervisor de

BPM debe notificar al jefe de área para llamar la atención de la persona que está incumpliendo.

D. Procedimiento de implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Área Industrial: Magalcoholes

1. RESPONSABILIDADES

a. Comité de Manejo de Desechos

- Revisar y modificar este procedimiento anualmente, de acuerdo a las necesidades en la operación normal de la planta de alcoholes.

b. Jefaturas de área

- Implementar el procedimiento y realizar acciones que permitan llevarlo a cabo integralmente en cada área.
- Asegurar el cumplimiento de los lineamientos enumerados en este procedimiento, y realizar las acciones correctivas correspondientes en caso ocurra lo contrario.

c. Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

- Monitorear, analizar y reportar el funcionamiento del Programa de Manejo de Desechos (PMD).
- Resolver problemas relacionados con el PMD en el área.

2. DESARROLLO

a. Cronograma de implantación.

Día	Actividad	Horas
1	Descripción general de los procedimientos	0.5
2	Lectura e interpretación del instructivo	0.5
3	Lectura e interpretación del procedimiento de manejo de desechos	0.5
4	Lectura e interpretación del procedimiento de mantenimiento de equipo y área de limpieza	0.5
6	Comprobación de conocimientos	1

b. La documentación debe ser distribuida a las áreas implicadas.

c. Distribuir la documentación a todos los implicados.

- d. Cuando existan dificultades con la implantación de un procedimiento y se determinen necesidades de capacitación el plan elaborado debe ser actualizado y ejecutar la acción correctora en el período de tiempo más breve posible.
- e. Determinar las necesidades de capacitación y actualizar el plan de capacitación.
- f. Poner en práctica lo establecido en los documentos.
- g. Recopilar evidencia del funcionamiento de los procedimientos.

E. Procedimiento de implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Área Industrial: MAGRISA

1. RESPONSABILIDADES

- a. **Jefes de Área, gestor de calidad y equipo gestor.** Velar porque este procedimiento se cumpla y facilitar todos aquellos insumos para su realización.
- b. **Jefes de Área.** Detectar y documentar las deficiencias del programa, aplicar las sanciones correspondientes a la falta de seguimiento a los lineamientos de este procedimiento y aplicar medidas correctivas a las deficiencias del programa.
- c. **Coordinador de Área.** Realizar inspecciones periódicas y notificar anomalías al jefe de área respectivo.
- d. **Recolector de Área.** Recolectar los desechos localizados en las baterías correspondientes a su área y trasladarlos al contenedor de acopio respectivo. Debe notificar cualquier anomalía al coordinador de área respectivo.

2. DESARROLLO

a. Clasificación de Desechos Sólidos

Los desechos sólidos generados en Magrisa se clasifican de acuerdo a las siguientes categorías (y se incluye el color de los recipientes):

- a) Orgánicos: se desechan en los recipientes de color negro.
- b) Plástico/Latas: se desechan en los recipientes de color amarillo.
- c) Papel/Cartón: se desechan en los recipientes de color azul.
- d) Vidrio: se desecha en los recipientes de color verde.

- e) Chatarra: se desecha en los recipientes de color celeste.
- f) Papel de baño: se desecha en los recipientes ubicados en los baños de color blanco.
- g) No clasificado: se desecha en los recipientes de color anaranjado.

Para detalles sobre a qué categoría pertenecen los diferentes desechos sólidos generados revisar el documento PR-GCA-GCA-XX1 - Procedimiento General de Baterías y Contenedores.

b. Baterías y contenedores de Acopio

Todos los desechos sólidos debenser colocados dentro del recipiente de la batería correspondiente a la categoría del desecho en cuestión. En caso no hubiera espacio en la batería correspondiente a la categoría que se quiera desechos se debe de reportar al Coordinador de Área para que este tome las medidas correspondientes para disponer de estos desechos en un lugar adecuado provisional o en caso de reincidencia provea otro recipiente de la misma categoría a la batería para cumplir con la demanda. La función de los contenedores de acopio es agrupar las bolsas de desechos que vienen de los recipientes de las baterías del área en la que se encuentra. Los recolectores son los encargados de remover las bolsas de las baterías y trasladarlas a los contenedores correspondientes.

Todos los recipientes y contenedores deben cumplir con las especificaciones indicadas en el documento PR-GCA-GCA-XX1 - Procedimiento General de Baterías y Contenedores. En caso de no cumplir con estas especificaciones se debe de reportar al Coordinador de Área, quien debe tomar las medidas necesarias para corregir el problema. En ocasiones se genera desechos que no caben en los recipientes de las baterías, como por ejemplo chatarra. En estos casos, se debe notificar al Coordinador de Área para decidir la ubicación provisional de estos desechos.

c. Codificación

Cada recipiente de cada batería y cada contenedor de acopio debe estar identificado con su respectivo código de acuerdo al documento PR-GCA-GCA-XX1 - Procedimiento General de Baterías y Contenedores. Cada bolsa de desechos debe de estar identificada con el código del recipiente de donde se extrajo la misma.

Por ejemplo: la bolsa del recipiente para papel y cartón de la batería número uno de Magrisa debe llevar el siguiente código: M-001-2. El código se debe colocar en la parte central de la bolsa, utilizando masking tape y con su código correspondiente escrito con lapicero azul o negro.

d. Ubicación de las Baterías y los Contenedores de Acopio

La ubicación, cantidad y el tipo de baterías y de contenedores de acopio se determina de acuerdo a la necesidad y conveniencia de cada área. Esta decisión depende de factores como: cantidad y tipo de desechos generados, seguridad industrial y facilidad de acceso. Esta decisión es tomada en conjunto por las personas encargadas del manejo de desechos del área correspondiente y es autorizada por Gestión de la Calidad. La ubicación de las baterías y contenedores de acopio de Magrisa se encuentran especificada en el documento DO-GCA-GCA-M01 – Ubicación de baterías y contenedores en Magrisa.

e. Proceso Interno de Recolección

1) Cobertura

La recolección de desechos sólidos se realiza en todo el área de Magrisa y talleres de transporte.

2) Frecuencia

El recorrido se debe realizar todos los días en la mañana a la hora más conveniente para los recolectores. Se debe de apegar al PR-GCA-GCA-XX1 - Procedimiento General de baterías y contenedores para determinar si es necesario realizar más recorridos.

3) Recolección

El personal de recolección debe llenar el registro RE-GCA-GCA XX2 - Registro de Clasificación de Desechos Sólidos en las baterías todos los días, el cual será entregado al final de la semana al Coordinador de Área, quien es el responsable de trasladar la información al Jefe de Área, quien a su vez debe trasladar la información a Gestión de la Calidad. Cada recolector está encargado de las baterías que el Coordinador de Área le asigne.

Proceso de recolección

Cada recolector debe pasar por las baterías asignadas a cada uno. Si el nivel de desechos dentro del recipiente es mayor a la mitad de la capacidad total del mismo se retira la bolsa, se cierra con un nudo de forma que no se pueda abrir fácilmente, se coloca su respectivo código utilizando masking tape y lapicero negro o azul y se coloca en una carretilla de mano que se utiliza para transportar las bolsas hacia el contenedor de acopio. Una vez se alcance la máxima capacidad de la carretilla se debe de trasladar al contenedor de acopio más cercano. La única excepción de esto son las bolsas con rasgaduras y/o rotas. Este proceso debe de repetirse de, ser necesario, hasta trasladar todas las bolsas de los recipientes de las baterías asignadas.

Las bolsas con rasgaduras y/o rotas no deben ser depositadas en el contenedor de acopio inmediatamente. Éstas deben introducirse en una bolsa en buen estado, la cual se cierra, se codifica y se deposita en el contenedor de acopio. En caso de reincidir en que las bolsas de una misma área se encuentran rotas varias veces se debe de notificar al Coordinador de Área para tomar las medidas necesarias para corregir esto. Las bolsas deben ser manipuladas de forma cuidadosa en todo momento para evitar rasgaduras.

f. Uso de los recipientes de las baterías y de los contenedores de Acopio

El objetivo de los recipientes es proveer una herramienta para poder acumular los desechos sólidos generados en Magrisa y las áreas de transporte y al mismo tiempo clasificarlos para su disposición final. Queda terminantemente prohibido depositar desechos en la categoría incorrecta.

En casos especiales, en donde se generen desechos poco usuales en el área y no se cuente con los recipientes adecuados para su clasificación, los desechos deben ser agrupados en una bolsa (o algún otro método conveniente) y se deben colocar en el lugar designado para los desechos No Clasificados. En estas bolsas sólo se pueden colocar desechos para los cuales no existe un recipiente adecuado cercano.

No se permite tirar los desechos fuera de los recipientes destinados a ello. En caso de que se generen desechos grandes que no quepan en los recipientes se debe de notificar al Coordinador de Área de Magrisa para que éste tome las acciones necesarias.

Los contenedores de acopio son para uso exclusivo de los recolectores. El incumplimiento a la forma de uso de las baterías y los contenedores de acopio será sancionado.

g. Mantenimiento y limpieza

El mantenimiento y la limpieza de las baterías deberá ser realizado de acuerdo a la información proporcionada por el registro RE-GCA-GCA-XX3 - Registro de Ejecución de Limpieza, Sanitización y Estado de Baterías de Recipientes de Desechos Sólidos. Al lavar los recipientes se debe tener especial cuidado en que el interior quede totalmente seco para no deteriorar las bolsas. Durante el lavado se debe de colocar otros recipientes, que siempre deben cumplir con las normas adecuadas de identificación según el documento PR-GCA-GCA-XX1 - Procedimiento General de Baterías y Contenedores. Cuando los recipientes lavados se encuentren secos se llevan de regreso a su ubicación y las bolsas con desechos en los recipientes provisionales se deben traspasar a los recipientes lavados con cuidado de no romperlas o rasgarlas. Los recipientes provisionales deben devolverse al lugar designado para su almacenamiento según el EPMDS del área.

Para el caso de los contenedores de acopio se utiliza la información proporcionada por el registro RE-GCA-GCA-XX4 - Registro de Ejecución de Limpieza, Sanitización y Estado de Contenedores de Acopio. Al igual que con los recipientes, se debe tener especial cuidado en que el interior de los contenedores quede seco.

h. Control

El Coordinador de Área es el encargado de velar porque se cumpla este procedimiento. En caso de detectar alguna anomalía se debe de tomar las acciones correspondientes para el caso.

El personal del Centro de Acopio se encarga de registrar la calidad con la que llegan los desechos sólidos de Magrisa. Estos registros son entregados a Gestión de la Calidad, quienes se encargan de entregar una copia a los jefes de área. Los jefes de área deben tomar acciones correctivas para las anomalías detectadas por este medio.

El personal del camión recolector se encarga de llenar, cada vez que se recolecte los desechos, el registro RE-GCA-GCA-XX5 - Registro de Clasificación de Desechos Sólidos en los Contenedores de Acopio para poder detectar anomalías en los contenedores de acopio. Este registro es entregado a Gestión de la Calidad, quien entrega una copia al encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Magrisa.

i. Sanciones

Las sanciones provisionalmente se encuentran a cargo del EPMDS. En caso se llegue a tener problemas muy frecuentes el EPMDS debe de reportarlo al Comité de Manejo de Desechos, el cual tomará las medidas que crea conveniente para cada caso.

j. Auditorías

1) Internas

Las auditorías internas serán llevadas a cabo por el EPMDS semanalmente. Este debe de llenar los registros:

- RE-GCA-GCA XX2 - Registro de Clasificación de Desechos Sólidos en las Baterías
- RE-GCA-GCA-XX5 - Registro de Clasificación de Desechos Sólidos en los Contenedores de Acopio

2) Externas

Serán llevadas a cabo por personal externo del ingenio con experiencia en el tema. Ellos deberán llenar los registros siguientes y reportarlo al ingenio:

- DO-GCA-GCA-001 Auditoría de baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos
- DO-GCA-GCA-002 Auditoría de contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos
- RE-GCA-GCA-001 Registro de Auditoría de baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos
- RE-GCA-GCA-002 Registro de Auditoría de contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

F. Instructivo estándar de saneamiento Evacuación de desechos sólidos en planta de alimentos

1. RESPONSABILIDADES

a. Jefe de Servicios y suministros. Facilitar todos los materiales e insumos para la correcta ejecución del sistema de manejo de desechos sólidos.

b. Coordinador de Planta de Alimentos. Asignar responsabilidades y coordinar las actividades para la correcta ejecución del sistema de manejo de desechos sólidos

c. Supervisor de Planta de Alimentos. Asegurar el cumplimiento de este instructivo.

d. Colaborador responsable. Cumplir con los procedimientos citados en los manuales e instructivos.

2. DESARROLLO

a. Ubicación

Tabla No. 71: Cantidad de contenedores y promedio de desechos por turno.

Área / Lugar	Cantidad de basureros	Desechos	(kg)
Lavamanos	2	Papel	4.00
Cárnicos	3	Carne roja Grasa de pollo	40.00 21.81
Vegetales	3	Restos de vegetales	18.00
Nixtamalizado	3	Restos vegetales	30.18
Cocción	3		50.00
Bodega	3	Bolsas plásticas	18000 unidades
Fabricación hielo	2	Bolsas plásticas	5000 unidades
Oficinas	2	Papel (celulosa)	0.1

b. Manejo y evacuación de los contenedores de desechos sólidos internos de la planta. Las personas encargadas de la limpieza y todos los usuarios de los contenedores deben mantenerlos tapados en todo momento.

Se deben evacuar los contenedores (2) veces por turno, utilizando para ello las rutas de evacuación de desechos establecidas.

El encargado de limpieza debe de vaciar y limpiar los basureros al principiar y a la mitad del turno.

Debe identificarse el tipo de desecho a depositar según establece el sistema de manejo de desechos:

- Orgánicos: se desechan en los recipientes de color negro.
- Plástico/Latas: se desechan en los recipientes de color amarillo.
- Papel/Cartón: se desechan en los recipientes de color azul.
- Bagazo: se desecha en los recipientes de color morado.
- Vidrio: se desecha en los recipientes de color verde.
- No clasificado: se desecha en los recipientes de color anaranjado

Anotar la tarea, especificaciones y requerimientos de limpieza del contenedor en el formato que lleva por nombre "Evacuación de contenedores Planta de alimentos" junto con toda la información requerida: procedimientos y datos de la identificación de bolsas o contenedores.

c. Limpieza y desinfección de contenedores internos. Retirar los residuos de los contenedores contenidos en la bolsa siguiendo el procedimiento descrito en PA-GCA-GCA-XXX Cerrar la bolsa e identificar la misma, por medio de los códigos respectivos.

Lavar el recipiente aplicando solución de limpieza PA-GCA-GCA-LYS-XXX siguiendo el procedimiento PA-GCA-GCA-XXX.

Después de haber lavado el recipiente, aplicar solución desinfectante PA-GCA-GCA-LYS-XXX con LA SOLUCION PA-GCA-GCA-LYS-XXX.

Terminar las indicaciones y acciones del procedimiento de lavado y desinfección de contenedores PA-GCA-GCA-XXX cumpliendo todos las pautas descritas en el procedimiento, incluyendo llenar el formato RE-GMS-COM-001 de limpieza y desinfección de contenedores.

d. Evacuación y transporte de los desechos al centro de acopio. El servicio de recolección debe pasar cuatro veces por semana, en días alternos y cumpliendo con el horario establecido.

El representante del servicio de recolección deberá llenar el formato de evacuación: RE-GMS-COM-xxx Formato de evacuación de contenedor general

El representante del servicio de recolección de materiales de reciclables deberá llenar el formato de evacuación: RE-GMS-COM-xxx Formato de evacuación de contenedor general.

G. Procedimiento de implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Planta de Alimentos

1. RESPONSABILIDADES

a. Comité de Manejo de Desechos

- Revisar y modificar este procedimiento anualmente, de acuerdo a las necesidades en la operación normal de la planta procesadora de alimentos.

b. Jefaturas de área

- Implementar el procedimiento y realizar acciones que permitan llevarlo a cabo integralmente en cada área.
- Asegurar el cumplimiento de los lineamientos enumerados en este procedimiento, y realizar las acciones correctivas correspondientes en caso ocurra lo contrario.

c. Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

- Monitorear, analizar y reportar el funcionamiento del Programa de Manejo de Desechos (PMD).
- Resolver problemas relacionados con el PMD en el área.

2. DESARROLLO

2.1. Mantener un registro de asistencias

2.2. Cronograma de implantación.

Día	Actividad	Horas
1	Descripción general de los procedimientos	0.5
2	Lectura e interpretación del instructivo	0.5
3	Lectura e interpretación del procedimiento de manejo de desechos	0.5
4	Lectura e interpretación del procedimiento de mantenimiento de equipo y área de limpieza	0.5
5	Lectura e interpretación de fichas de sustancias limpiadoras y sanitizantes	0.5
6	Comprobación de conocimientos	1

2.3. La documentación debe ser distribuida a las áreas implicadas.

2.4. Distribuir la documentación a todos los implicados.

2.5. Cuando existan dificultades con la implantación de un procedimiento y se determinen necesidades de capacitación el plan elaborado debe ser actualizado y ejecutar la acción correctora en el período de tiempo más breve posible.

2.6. Determinar las necesidades de capacitación y actualizar el plan de capacitación.

2.7. Poner en práctica lo establecido en los documentos.

2.8. Recopilar evidencia del funcionamiento de los procedimientos.

H. Procedimiento de mantenimiento de equipo y área de limpieza en planta de alimentos

1. RESPONSABILIDADES

a. Comité de Manejo de Desechos

- Revisar y modificar este procedimiento anualmente, de acuerdo a las necesidades en la operación normal de la planta procesadora de alimentos.

b. Jefaturas de área

- Implementar el procedimiento y realizar acciones que permitan llevarlo a cabo integralmente en cada área.

- Asegurar el cumplimiento de los lineamientos enumerados en este procedimiento, y realizar las acciones correctivas correspondientes en caso ocurra lo contrario.

c. Encargado del programa de Manejo de Desechos Sólidos

- Monitorear, analizar y reportar el funcionamiento del Programa de Manejo de Desechos (PMD).
- Resolver problemas relacionados con el PMD en el área.

2. DESARROLLO

2.1 Equipo personal de seguridad

2.1.1 Botas blancas.

2.1.2 Gabacha.

2.1.3 Lentes de seguridad.

2.1.4 Uniforme que lo identifique como personal de limpieza.

8.1.4.1 Camisa con el logotipo de limpieza.

8.1.4.2 pantalón designado como parte de la indumentaria.

2.1.5 Guates desechables.

2.2 Equipo general

2.2.1. (15) Juego adicional de contenedores

2.2.2. (4) Atomizadores

2.2.3. Manguera

2.2.4. (2) Cepillo

2.2.5. (3) Escobas

2.3 PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN Y LAVADO

Limpieza: El personal que realice esta tarea utilizará una indumentaria diferente a la del personal de manipulación de alimentos. En cualquier caso, el personal que limpie los contenedores utilizará guantes, que descartará inmediatamente al finalizar el procedimiento correspondiente.

Las actividad de mantenimiento del equipo y el área se realizara antes y después de realizar el procedimiento de extracción de contenedores evitando atraer plagas hacia la planta.

2.3.1. Lavado de gabacha.

2.3.1.1. Aplicar abundante agua.

2.3.1.2. Aplicar jabón solución (PAJ-01) y cepillar.

2.3.1.3. Aplicar agua.

2.3.2. Lavado de botas.

2.3.2.1. Aplicar abundante agua.

2.3.2.2. Aplicar jabón solución(PAJ-01) y cepillar.

2.3.2.3. Aplicar agua.

2.3.3. Colocarse las botas y gabacha

2.3.4. Limpieza de superficies.

2.3.4.1. Aplicar agua en todas las superficies a manera de movilizar todos los desechos sólidos restantes

2.3.4.2. Aplicar solución de jabón(PAJ-01) y (PAJ-02).

2.3.4.3. Restregar las superficies hasta obtener espuma.

2.3.4.4. Aplicar agua.

2.3.5. Limpieza del equipo.

2.3.5.1. Aplicar agua a presión a las escobas y cepillos.

2.3.5.2. Aplicar solución de jabón(PAJ-01) y (PAJ-02).

2.3.5.3. Restregarlas hasta obtener espuma.

2.3.5.4. Aplicar agua.

Lavado de gabacha.

2.3.5.5. Aplicar abundante agua.

2.3.5.6. Aplicar jabón solución(PAJ-01) y cepillar.

2.3.5.7. Aplicar agua.

2.3.6. Lavado de botas.

2.3.6.1. Aplicar abundante agua.

2.3.6.2. Aplicar jabón solución (PAJ-01) y cepillar.

2.3.6.3. Aplicar agua.

2.3.7. Quitarse la gabacha y dejarla colgada.(La gabacha solo se utiliza dentro del área de limpieza)

2.3.8. Pasar por el pediluvio al salir del área de limpieza.

2.3.9. Pasar por el pediluvio al entrar a la planta procesadora de alimentos.

I. Procedimiento de manejo de desechos sólidos, evacuación de contenedores en planta de alimentos

1. RESPONSABILIDADES

a. Comité de Manejo de Desechos

- Revisar y modificar este procedimiento anualmente, de acuerdo a las necesidades en la operación normal de la planta procesadora de alimentos.

b. Jefaturas de área

- Implementar el procedimiento y realizar acciones que permitan llevarlo a cabo integralmente en cada área.
- Asegurar el cumplimiento de los lineamientos enumerados en este procedimiento, y realizar las acciones correctivas correspondientes en caso ocurra lo contrario.

c. Encargado del programa de Manejo de Desechos Sólidos

- Monitorear, analizar y reportar el funcionamiento del Programa de Manejo de Desechos (PMD).
- Resolver problemas relacionados con el PMD en el área.

2. DESARROLLO

a. Equipo personal de seguridad

- 1) Botas blancas.
- 2) Gabacha.
- 3) Lentes de seguridad.
- 4) Uniforme que lo identifique como personal de limpieza.
 - Camisa con el logotipo de limpieza.
 - Pantalón designado como parte de la indumentaria.
- 5) Guates desechables.

b. Equipo general

- 1) (5) Juego adicional de basureros
- 2) (3) Atomizadores
- 3) Manguera

c. **Horario.** La extracción de los residuos y limpieza de los contenedores se realizará a diario según el horario:

Turno	Hora de recolección y limpieza
1	10:00 horas
1	14:00 horas
2	18:00 horas
2	22:00 horas
3	02:00 horas
3	06:00 horas

d. ORDEN DE LIMPIEZA

** sea creado un orden para evitar la contaminación cruzada ya que unas áreas tiene residuos con mayor peligro.*

- 1) Limpieza de los contenedores del área de nixtamalización.
- 2) Limpieza de los contenedores del área de vegetales.

- 3) Limpieza de los contenedores del área de lavado de manos.
- 4) Limpieza de los contenedores del área de cárnicos.
- 5) Limpieza de los contenedores del área de bodegas
- 6) Limpieza de los contenedores del área de oficinas

e. RUTA EVACUACION DE DESECHOS

- 1) **Ver sección anexos**

f. PROCEDIMIENTOS DE EVACUACIÓN Y LAVADO

Evacuación: El personal que realice esta tarea utilizará una indumentaria diferente a la del personal de manipulación de alimentos. En cualquier caso, el personal que retire los residuos utilizará guantes de un único uso, que descartará inmediatamente de colocadas las bolsas con residuos en los correspondientes contenedores y procederá a lavarse y desinfectarse manos y antebrazos.

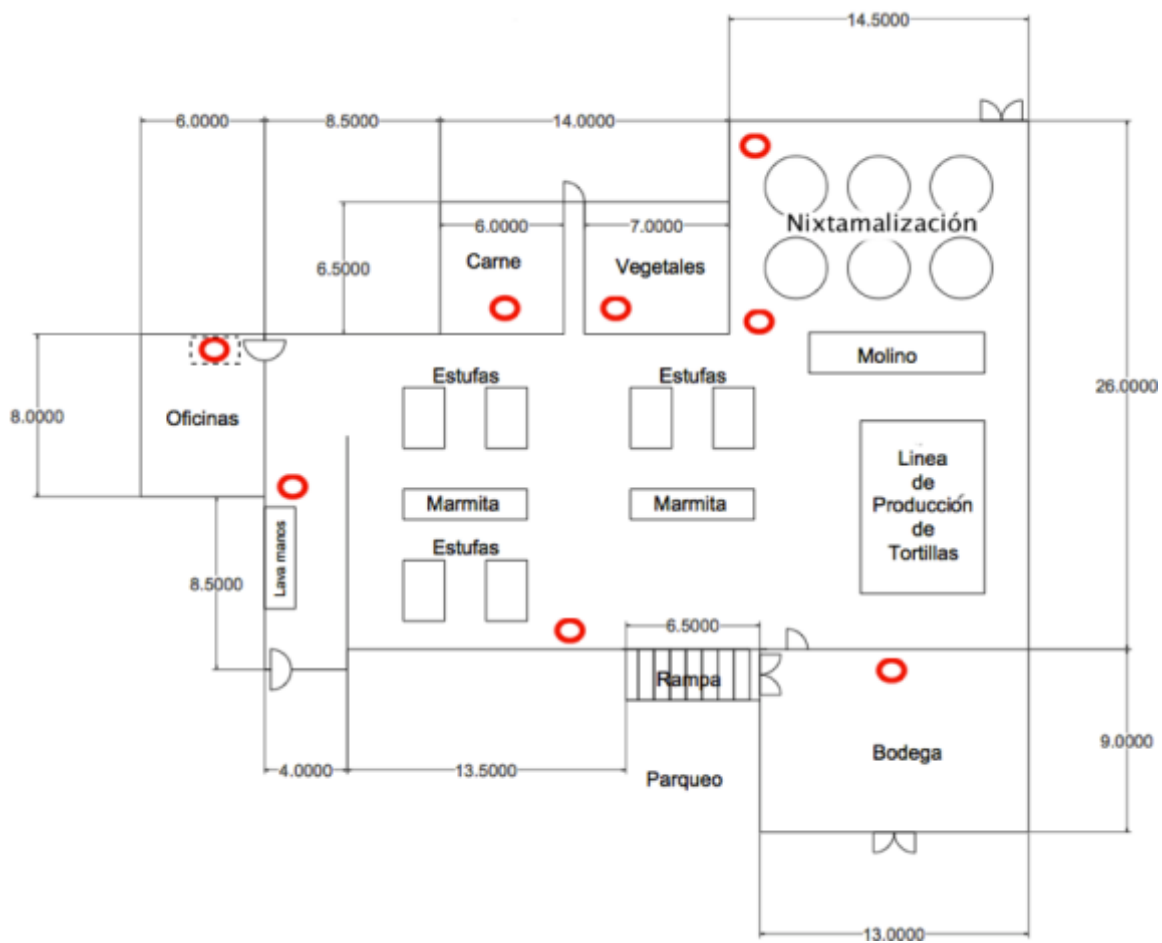
El personal realizará sus tareas circulando lo mínimo indispensable para cumplir con su función de retirar residuos en sectores donde se procese alimentos o transitará fuera de los horarios de elaboración de alimentos.

- 1) Utilizar todo el equipo citado en el inciso 8.a (Equipo personal de seguridad).
- 2) Según el orden citado en el inciso 8.d (Orden de limpieza), se extraerán los contenedores.
- 3) Sustituir los contenedores de cada área con uno de remplazo mientras se termina el procedimiento de extracción y limpieza.
- 4) Proceder a vaciar el contenedor, donde corresponda, según sea el tipo de desecho, utilizando el depósito general de la planta.

- 5) Trasladar los contenedores al área de lavado.
- 6) Limpieza de contenedores
 - Aplicar suficiente agua para desprender los desechos sólidos que pudieran quedar dentro del recipiente plástico.
 - Aplicar el (PA-GCA-GCA-LYS-01) con el atomizador cubriendo todas las superficies del mismo.
 - Esperar 1 minuto a que actúe el jabón.
 - Enjuagar con suficiente agua.
 - Aplicar los sanitizantes (PA-GCA-GCA-LYS-02).
 - Esperar 1 minuto a que actúen los sanitizantes.
 - Enjuagar con suficiente agua.
 - Aplicar una capa de alcohol (PA-GCA-GCA-LYS-03).
 - Esperar 1 minuto a que se evapore el alcohol.
- 7) Llenar el formato (# de formato) detallando las acciones realizadas y volúmenes encontrados.
- 8) Quitar el contenedores de remplazo.
- 9) Hacer el mismo procedimiento en las demás áreas con el orden establecido.

3. ANEXOS

Figura No. 45 Ubicación de contenedores dentro de planta.



*Los contenedores se encuentran ubicados en los círculos gruesos.

Figura No. 46 Ruta de evacuación de desechos sólidos de bodega.

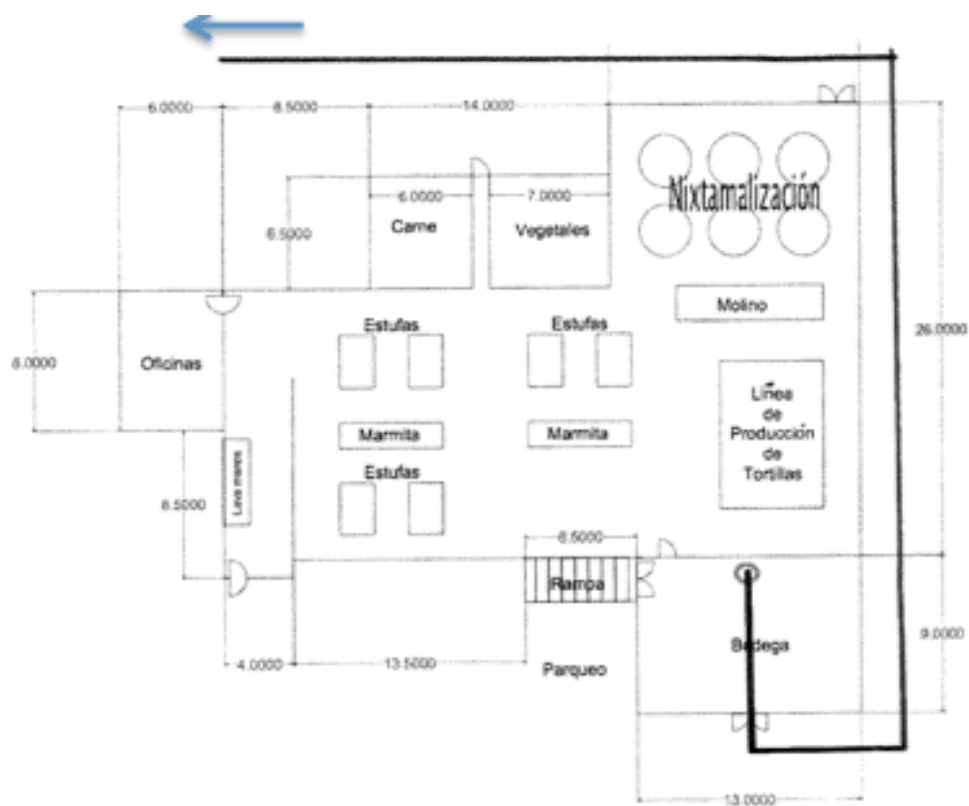


Figura No. 47 Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de nixtamalización.

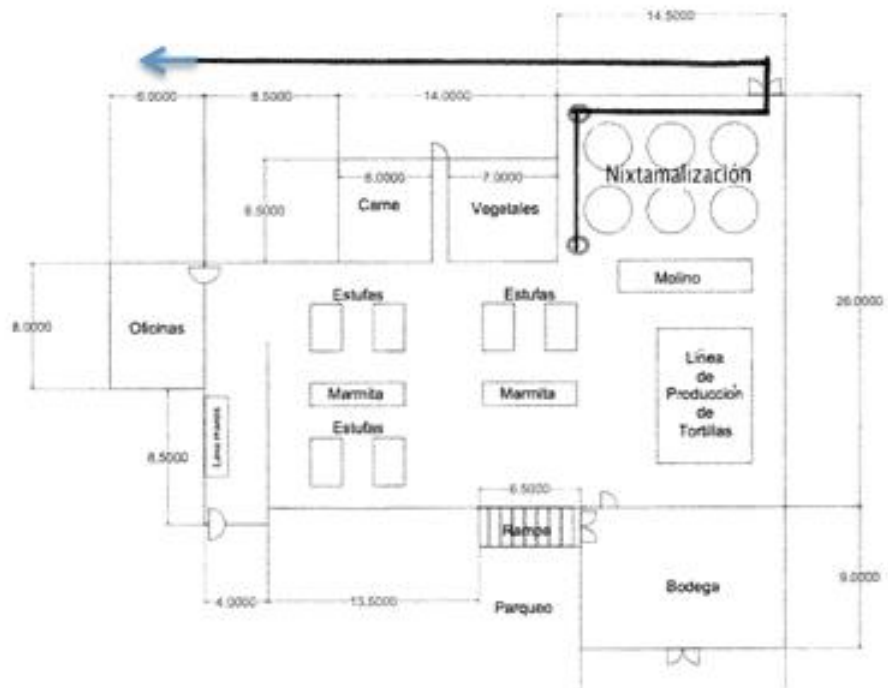


Figura No. 48 Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de vegetales.

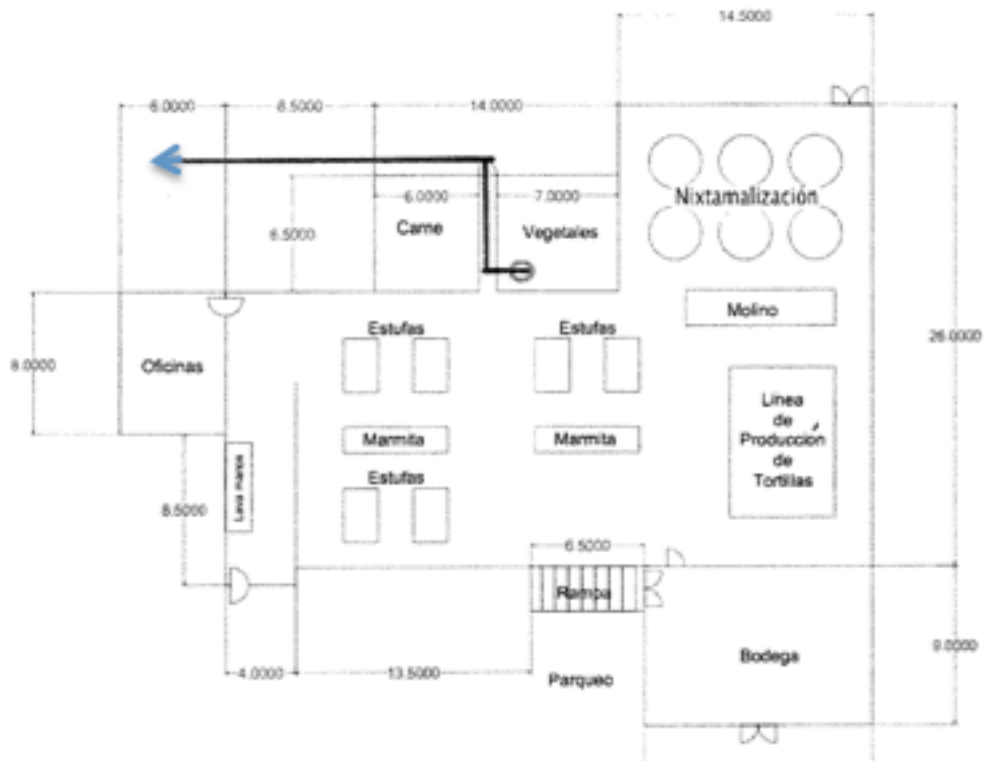


Figura No. 49 Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de carnes.

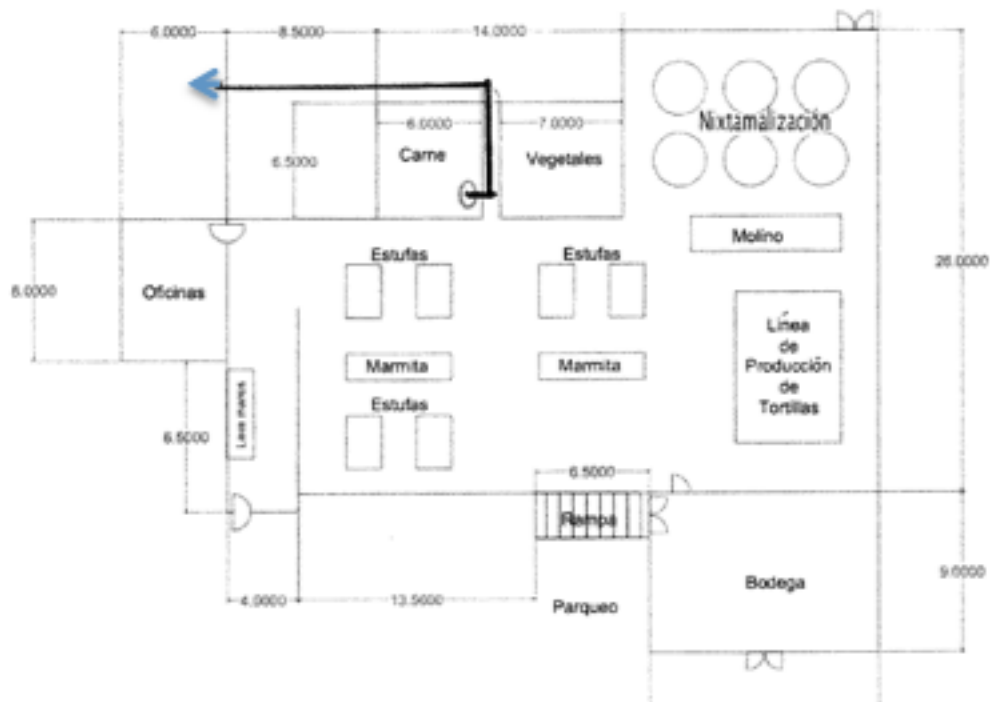


Figura No. 50 Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de producción.

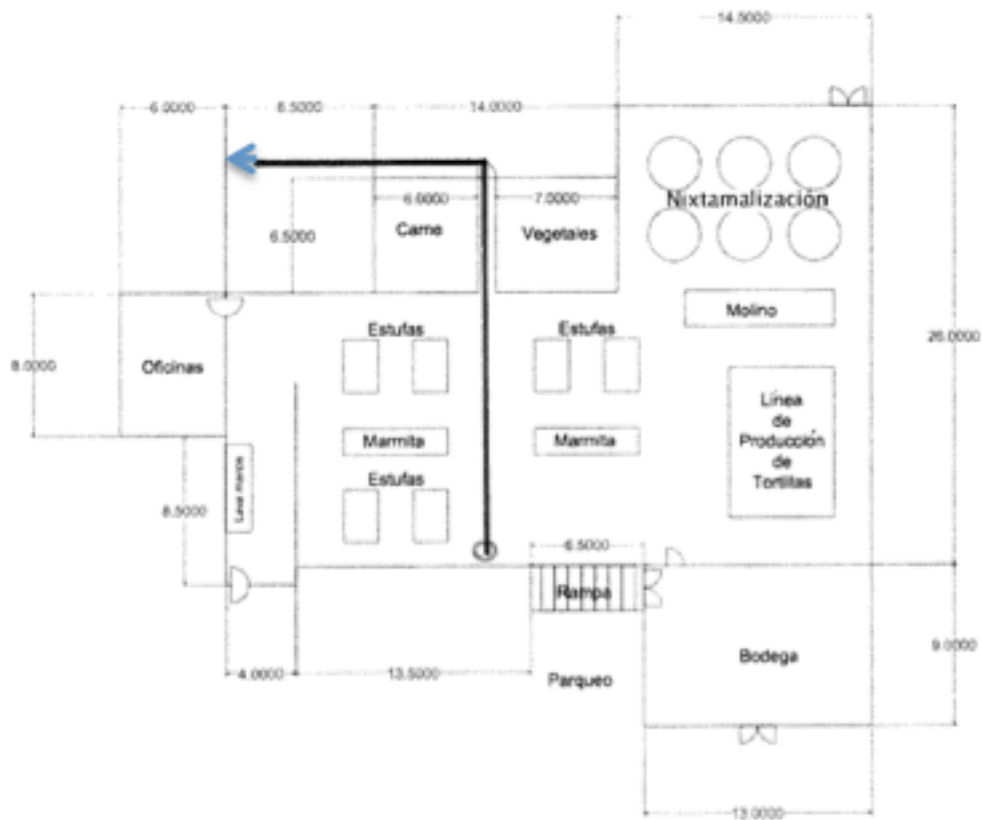


Figura No. 51 Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de lavamanos.

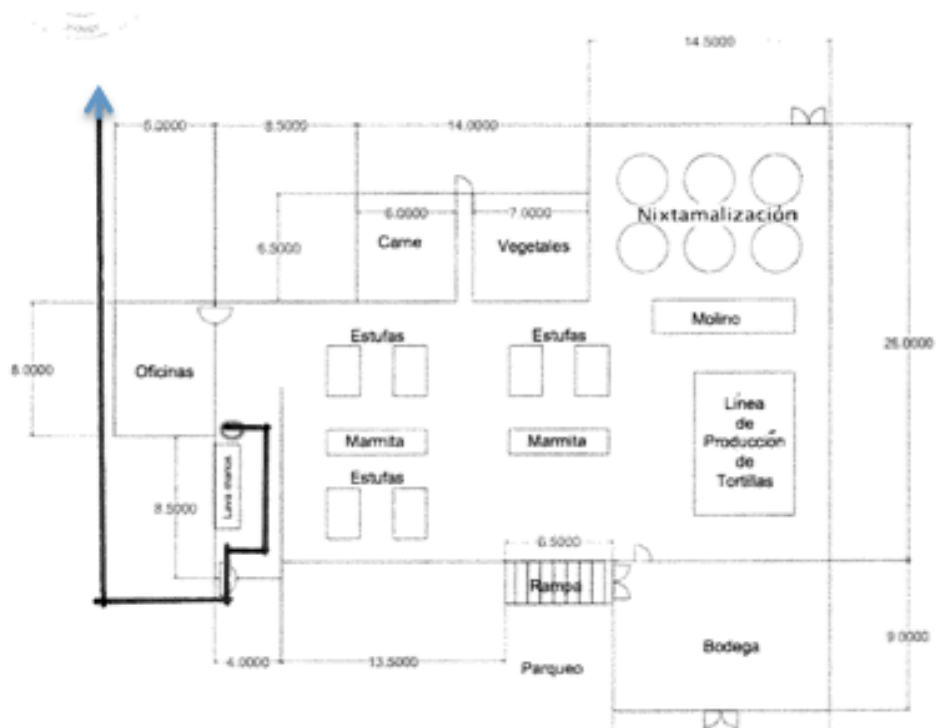
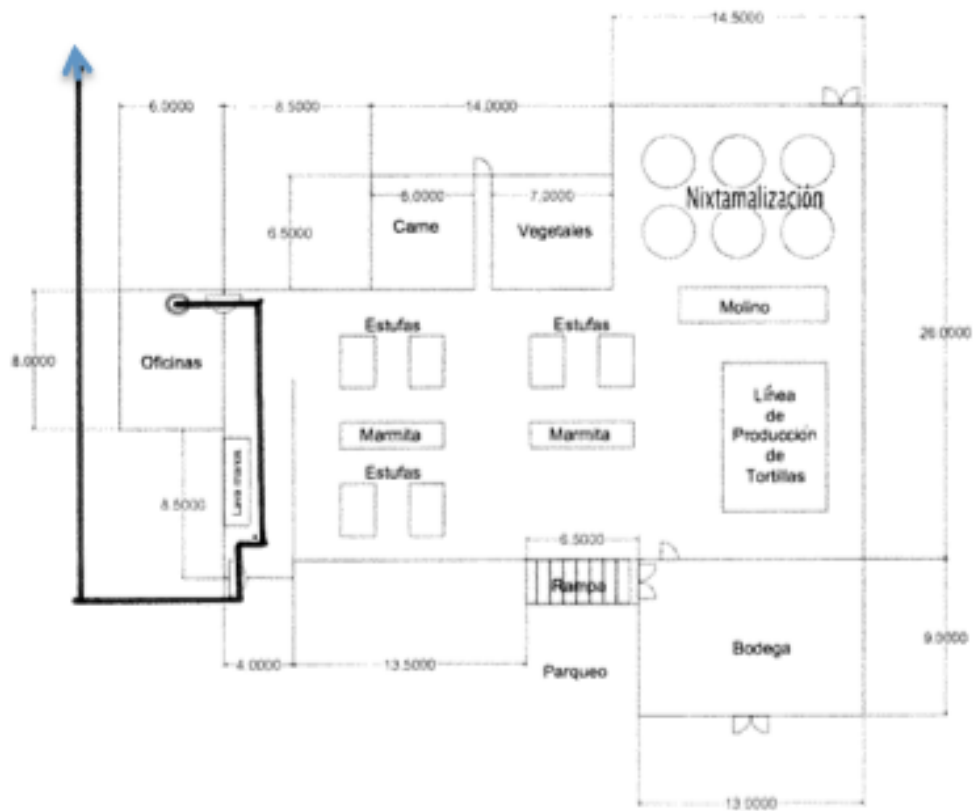


Figura No. 52 Ruta de evacuación de desechos sólidos del área de oficinas.



J. Procedimiento de Implementación del Programa de Manejo de Desechos Sólidos en Módulos Habitacionales

1. RESPONSABILIDADES

a. Comité de Manejo de Desechos (CMD)

- Revisar y modificar este procedimiento anualmente, de acuerdo a las necesidades en la operación normal del ingenio.
- Asignar a un Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos por área y revisar los reportes mensuales para implementar acciones preventivas o correctivas al programa.
- Evaluar el desempeño de todas las áreas del Ingenio Magdalena, S.A. y realizar las respectivas llamadas de atención o sanciones a las áreas que no cumplan con el Programa de Manejo de Desechos.

b. Jefaturas de área

- Implementar el procedimiento y realizar acciones que permitan llevarlo a cabo integralmente en cada área.
- Asignar el personal recolector requerido por el Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos.
- Revisar el desempeño del Programa de Manejo de Desechos trimestralmente para analizar los avances y deficiencias relacionados con el programa, y realizar recomendaciones al Comité del Programa de Manejo de Desechos.
- Asegurar el cumplimiento de los lineamientos enumerados en este procedimiento, y realizar las sanciones correspondientes en caso ocurra lo contrario.

c. Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (EPMDS)

- Monitorear, analizar y reportar el funcionamiento del Programa de Manejo de Desechos Sólidos (PMDS) al Comité.
- Detectar, documentar y reportar las deficiencias del programa.
- Resolver problemas relacionados con el PMD en el área.
- Reportar si considera pertinentes modificaciones en el programa, de tal manera que se adapten los lineamientos del mismo a la operación y necesidades de los módulos habitacionales de su aplicación.
- Capacitar, administrar y auditar las funciones del personal recolector.
- Realizar un reporte mensual, incluyendo el desempeño del personal recolector y de los usuarios respecto al cumplimiento del Programa de Manejo de Desechos.

2. DESARROLLO

a. Clasificación de desechos. Para todas las áreas de aplicación de este procedimiento, los recipientes se clasificarán de la siguiente manera y contendrán los desechos indicados:

- 1) Duroport: Empaques hechos de duroport o poliestireno expandido, sin sustancias contaminantes (líquidos y sólidos en general, ajenos a esta clasificación). Por ejemplo, bandejas de carne, vasos de sopas instantáneas, empaques de electrónicos, etc.
- 2) Orgánico (Procesado): Restos provenientes del consumo o preparación de alimentos. Por ejemplo, cáscaras de frutas y verduras, residuos de carne, pastas, arroz, frijol, tortillas, etc.

La preparación masiva de alimentos no está incluida en este procedimiento, el manejo de desechos de esta operación se especifica en el PR-GCA-GCA-XXX Procedimiento de Manejo de Desechos Sólidos en Cocinas.

- 3) Plástico/latas: Empaques o piezas de plástico (según la clasificación comoditie –con numeración dentro del símbolo de reciclaje indicado entre comillas-: PET “1”, polietileno de alta densidad “2”, polietileno de baja densidad “4”, polipropileno “5”, poliestireno “6”) y latas, sin sustancias contaminantes (líquidos y sólidos en general, ajenos a esta clasificación). Por ejemplo, botellas plásticas y latas de bebidas, latas de comida, etc.
- 4) Papel/cartón: Papel o cartón proveniente de cualquier fuente, secos y no contaminados con aceites, pintura, grasas, etc. A esta clasificación pertenecen por ejemplo, cuadernos usados, cajas de cartón, soporte de cartón de rollos de papel higiénico, hojas con tinta, etc.
- 5) Vidrio: Recipientes de vidrio completos o pedazos de vidrio sin sustancias tóxicas o contaminantes (líquidos y sólidos en general, ajenos a esta clasificación). Por ejemplo, botellas de vidrio de bebidas y comestibles en general, frascos, cristalería, etc.
- 6) Desechos sanitarios: Residuos derivados de operaciones humanas de higiene. Por ejemplo, papel higiénico usado, papel toalla o toallas húmedas, toallas sanitarias, pañales, servilletas, etc.
- 7) Alto riesgo: En esta clasificación se deben colocar todos los desechos que constituyan un riesgo para los seres vivos y su ambiente. Por ejemplo, medicinas expiradas, agujas, residuos de tratamientos medicinales, ropa usada, etc. (residuos con fluidos corporales)
- 8) No clasificado: Todos los desechos que no se encuentren dentro de las clasificaciones anteriores.

b. Ubicación de baterías y contenedores. La ubicación y reubicación de baterías y contenedores se hará de acuerdo a la discreción del Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos del área (EPMDS), quien debe asignar las baterías en lugares accesibles al usuario de acuerdo a las necesidades y operaciones diarias, y los contenedores en un lugar céntrico y accesible por los recolectores del área

y el camión de recolección; ambos tipos de recipientes se deben colocar en posiciones que no obstruyan el paso peatonal o las operaciones. Este encargado debe determinar la ubicación de acuerdo a la sección 8.7 del PR-GCA-GCA-XX1: Procedimiento General de Baterías y Contenedores.

La ubicación se proporciona en dos documentos: un documento que contiene un plano del área en donde observa la ubicación de baterías y contenedores, y los tipos de recipientes o contenedores (diferenciados por color) y los códigos de batería y contenedor correspondientes, y . Existe un documento de este tipo por área, el cuales lo debe actualizar el EPMSD máximo dos semanas después de cualquier cambio en el mismo. Estos documentos contienen la localización de recipientes colectivos, empleados generalmente por los usuarios de las áreas habitacionales.

1) Módulos de cortadores

Módulo San Patricio: Revisar el documento DO-GCA-GCA-XXX: Ubicación de baterías y contenedores en Módulo San Patricio.

2) Seguridad

Revisar el documento DO-GCA-GCA-XXX: Ubicación de baterías y contenedores en Seguridad.

3) Hotel

Dentro del Hotel, colocar un recipiente para los desechos orgánicos (en la cocina), un recipiente para los desechos sanitarios (en el baño), y un recipiente para desechos no clasificados en el cuarto; la colocación de los desechos en las clasificaciones ajenas a las tres anteriormente indicadas, son responsabilidad del usuario y para esto deben utilizar las baterías del Ingenio Magdalena S.A, de preferencia las baterías ubicadas dentro del área del hotel.

Revisar el documento DO-GCA-GCA-XXX: Ubicación de baterías y contenedores en Hotel.

4) Residenciales

Los recipientes dentro de las residencias, son colocados a discreción de los residentes, siempre y cuando evacúen sus desechos a las baterías debidamente clasificados.

Se debe colocar al menos una batería por cada dos casas residenciales.

Revisar el documento DO-GCA-GCA-XXX: Ubicación de baterías y contenedores en residenciales.

c. Tipos de recipientes. Los tipos de recipientes utilizados para conformar las baterías serán asignados por el EPMDs, promoviendo la reutilización de los materiales disponibles en el ingenio, cuidado de mantener el estado y codificación (color y calcomanía) de estos de acuerdo a la sección 8.3 del PR-GCA-GCA-XX1: Procedimiento general de baterías y contenedores.

1) Hotel

Los tipos de recipientes utilizados dentro del hotel, son responsabilidad directa de la Jefatura de Área, quien debe colocarlos debidamente identificados para que los usuarios de las instalaciones cumplan el Programa de Manejo de Desechos y este procedimiento.

2) Residenciales

Los tipos de recipientes utilizados dentro de las áreas residenciales, serán asignados por los usuarios y no es necesario que se codifiquen respecto al PR-GCA-GCA-XX1: Procedimiento general de baterías y contenedores, pero su estructura sí deberá estar correctamente identificada de tal manera que los desechos evacuados a las baterías cumplan la clasificación del Programa de Manejo de Desechos y este procedimiento.

d. Asignación de baterías y contenedores a recolectores. Cada área tiene su propio personal recolector, la cantidad de personas que conformen este equipo de trabajo y la forma de dividir las tareas diarias, depende de la extensión del área y el liderazgo de este personal es responsabilidad del EPMDS.

La información de la asignación de baterías y contenedores a recolectores se proporciona por medio de documentos por área. Existen dos documentos de este tipo, uno que indica las baterías asignadas a los diferentes recolectores y otro que indica en qué contenedor se deben depositar los desechos de las diferentes baterías.

1) Módulos de cortadores

Módulo San Patricio: Revisar los documentos DO-GCA-GCA-XXX: Asignación de Baterías a los Recolectores en Módulo San Patricio y DO-GCA-GCA-XXX: Asignación de Contenedores a las Baterías en Módulo San Patricio.

2) Seguridad

Revisar los documentos DO-GCA-GCA-XXX: Asignación de Baterías a los Recolectores en Seguridad y DO-GCA-GCA-XXX: Asignación de Contenedores a las Baterías en Seguridad.

3) Hotel

Revisar los documentos DO-GCA-GCA-XXX: Asignación de Baterías a los Recolectores en Hotel y DO-GCA-GCA-XXX: Asignación de Contenedores a las Baterías en Hotel.

4) Residenciales

Revisar los documentos DO-GCA-GCA-XXX: Asignación de Baterías a los Recolectores en residenciales y DO-GCA-GCA-XXX: Asignación de contenedores a las baterías en residenciales.

e. Horario. Todas las áreas a las que se aplica este procedimiento, deberán comenzar su recolección a las 7:00 de la mañana.

f. Rutas de recolección

1) Módulos de cortadores

Módulo San Patricio: Realizar la recolección de desechos en trayectos separados del área de Planta Industrial de Alimentos, por al menos dos metros, sin recorrer el área de comedores.

2) Seguridad, hotel y residenciales

Recolectar los desechos sin recorrer área de comedores y cocinas. En cuanto a las áreas Residenciales, las rutas de recolección no invadirán propiedades privadas.

g. Proceso de recolección. El personal recolector de cada área se divide en dos grupos, cada grupo tiene un responsable, quien se encarga de llenar los registros RE-GCA-GCA-XX1: Registro de Casos Especiales en la Generación de Desechos Sólidos, RE-GCA-GCA-XX2: Registro de Clasificación de Desechos Sólidos en las Baterías, y/o RE-GCA-GCA: Registro de Ejecución de Limpieza, Sanitización y Estado de Baterías de Recipientes de Desechos Sólidos cuando sea necesario. El proceso de recolección se lleva a cabo como se indica en la sección 8.8 del PR-GCA-GCA-XX1: Procedimiento General de Baterías y Contenedores. Carretillas de mano se pueden utilizar cuando la distancia o el peso de los desechos lo ameriten, o cuando se tenga a disposición dicha herramienta.

Semanalmente se asignará a una persona del equipo recolector, como responsable para llenar el registro RE-GCA-GCA-XX4: Registro de Ejecución de Limpieza, Sanitización y Estado de Contenedores de Acopio.

Al finalizar la semana, los recolectores deberán entregar dichos registros al EPMDS, el encargado a su vez entregará un registro vacío para la semana siguiente.

XIV. APÉNDICE B: REGISTROS

A. Registros del Procedimiento General de Baterías y Recipientes

1. Casos especiales en la generación de desechos sólidos

Fecha: ____/____/____	Hora: ____:____	Área:	Subárea:
-----------------------	-----------------	-------	----------

Ejecución: Anotar el tipo de desechos generados que no están incluidos en ninguno de los recipientes colocados cerca del área. Además, colocar la cantidad de bolsas que se utilizaron para recolectar los desechos. Realice observaciones pertinentes.

Tipo de desecho	Cantidad de bolsas

Observaciones:

Firma del responsable de ejecución: _____
--

6. Petición de calcomanías para recipientes y contenedores

Fecha: ____/____/____	Nombre del solicitante:
Área:	Subárea:

Ejecución: Colocar el número de calcomanías de cada tipo que se solicitan. Dejar en blanco las casillas del tipo de calcomanías que no se solicitan.

Tipo de calcomanía	Cantidad de calcomanías
Duroport	
Orgánico	
Plástico/latas	
Papel/cartón	
Vidrio	
Bagazo	
No Clasificado	
Alto Riesgo	
Chatarra	

Firma del solicitante:

B. Registros de la auditoría de baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

AUDITORÍA DE BATERÍAS			
Fecha:	Hora:	Periodo: R <input type="checkbox"/> Z <input type="checkbox"/>	
Nombre(s) del auditor(es):			
Código de batería:			
1. ¿La localización de la batería concuerda con la establecida en el plano?	Sí <input type="checkbox"/>	No <input type="checkbox"/>	
2. ¿La batería está colocada en un lugar adecuado?	Seguridad <input type="checkbox"/> Techo <input type="checkbox"/>	Utilidad <input type="checkbox"/> Espaciamiento <input type="checkbox"/>	
Observaciones:			
3. ¿Qué tipo de recipientes contiene la batería?	A <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/>	B <input type="checkbox"/> D <input type="checkbox"/>	Otros <input type="checkbox"/>
4. Tipo de recipientes en la batería	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
	9 <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	
5. Recipientes con codificación estándar	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
	9 <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	
6. Recipientes rotulados	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>
	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
	9 <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	

7. Recipientes con rótulo estándar	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	
	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	
	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	
	9	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>			
8. Recipientes con color estándar	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>	
	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	
	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	
	9	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>			
9. Estado general de los recipientes	1:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	2:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	3:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	4:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	5:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	6:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	7:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	8:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	9:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
C:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>	

10. Volumen de desechos	1:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	2:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	3:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	4:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	5:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	6:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	7:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	8:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	9:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
	C:	Menos del 50%	<input type="checkbox"/>	50%	<input type="checkbox"/>	75%	<input type="checkbox"/>	Lleno	<input type="checkbox"/>
11. Recipientes con bolsa plástica	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>			
	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>			
	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>			
	9	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>					
12. Bolsas plásticas en buen estado	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	3	<input type="checkbox"/>			
	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>			
	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>			
	9	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>					
13. Peso del material por recipiente sin reclasificar	1:		lb	6:		lb			
	2:		lb	7:		lb			
	3:		lb	8:		lb			
	4:		lb	C:		lb			
	5:		lb						

14. Peso del material del recipiente correctamente clasificado	1:	lb	6:	lb
	2:	lb	7:	lb
	3:	lb	8:	lb
	4:	lb	C:	lb
	5:	lb		
15. Peso del material afuera de la batería				lb
16. Peso total	0:	lb	5:	lb
	1:	lb	6:	lb
	2:	lb	7:	lb
	3:	lb	8:	lb
	4:	lb	C:	lb

Observaciones:

C. Registro de la auditoría de contenedores del Programa de Manejo de Desechos Sólidos

RE-GCA-GCA-002 Auditoría de baterías del programa de Manejo de Desechos

AUDITORÍA CONTENEDORES							
Fecha:		Hora:					
Nombre(s) del auditor(es):							
0. Código del contenedor:							
1. Tipo de clasificación en el contenedor	0	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	
	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	
	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	
	9	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>			
	Otros:						
2. Contenedor con codificación estándar	Sí	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>	Observaciones:		
3. Contenedor con las categorías de desechos identificadas	0	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	
	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	
	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	
	9	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>			
	Observaciones:						
4. Contenedores con color estándar	0	<input type="checkbox"/>	1	<input type="checkbox"/>	2	<input type="checkbox"/>	
	3	<input type="checkbox"/>	4	<input type="checkbox"/>	5	<input type="checkbox"/>	
	6	<input type="checkbox"/>	7	<input type="checkbox"/>	8	<input type="checkbox"/>	
	9	<input type="checkbox"/>	C	<input type="checkbox"/>			
	Observaciones:						
5. Estado general de las categorías del contenedor	0:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	1:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	2:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	3:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>
	4:	Limpieza	<input type="checkbox"/>	Pintura	<input type="checkbox"/>	Conservación	<input type="checkbox"/>

	5: Limpieza <input type="checkbox"/>	Pintura <input type="checkbox"/>	Conservación <input type="checkbox"/>
	6: Limpieza <input type="checkbox"/>	Pintura <input type="checkbox"/>	Conservación <input type="checkbox"/>
	7: Limpieza <input type="checkbox"/>	Pintura <input type="checkbox"/>	Conservación <input type="checkbox"/>
	8: Limpieza <input type="checkbox"/>	Pintura <input type="checkbox"/>	Conservación <input type="checkbox"/>
	9: Limpieza <input type="checkbox"/>	Pintura <input type="checkbox"/>	Conservación <input type="checkbox"/>
	C: Limpieza <input type="checkbox"/>	Pintura <input type="checkbox"/>	Conservación <input type="checkbox"/>
6. ¿El contenedor está colocado en el lugar indicado en el plano?			
Sí <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>			
7. ¿El contenedor está colocado en un lugar adecuado?		Seguridad <input type="checkbox"/>	Utilidad <input type="checkbox"/>
		Espaciamiento <input type="checkbox"/>	
Observaciones:			
8. Bolsas plásticas en buen estado	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
	9 <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	
9. Bolsa plástica con identificación estándar	0 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>
	3 <input type="checkbox"/>	4 <input type="checkbox"/>	5 <input type="checkbox"/>
	6 <input type="checkbox"/>	7 <input type="checkbox"/>	8 <input type="checkbox"/>
	9 <input type="checkbox"/>	C <input type="checkbox"/>	

XV. APÉNDICE C: DOCUMENTOS

A. Documentos del Procedimiento de Implementación del PMDS en Área Industrial: Fábrica

1. Asignación de baterías a los contenedores de acopio en Fábrica (ejemplo ilustrativo)

A continuación se muestra una lista de los responsables de los grupos de recolección con su asignación a las baterías y contenedores de acopio de fábrica.

Responsable	Contenedor	Baterías	Total de baterías
Diego García	1	136 - 144	9
	2	14 - 20, 67	8
Luis Zamora	3	1 - 6	6
	4	7 - 13	7
Luis Valladares	5	21 - 36	16
	6	37 - 53	17
Angello Rossatty	7	54 - 66, 107 - 110	17
Jorge Quintero	8	68 - 73, 86, 87, 104 - 106	11
	9	111, 112, 117, 128, 129, 131 - 135	10
Manuel Canahuí	10	74 - 85, 88, 89	14
	11	90 - 103	14
Francisco Fiallos	12	113 - 116, 118 - 127, 130	15
	13	146 - 153	8
Gabriel Zepeda	14	154 - 167	14
	15	168 - 177	10

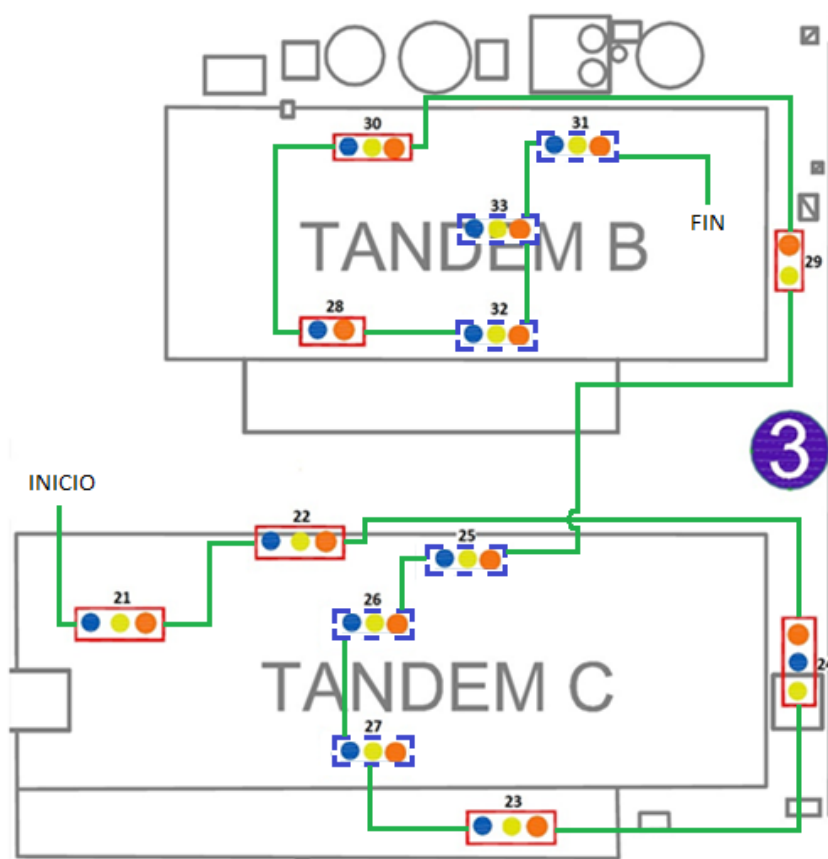
2. Asignación de baterías a los recolectores en fábrica (ejemplo ilustrativo)

Responsable	Color	Subáreas	Baterías asignadas	Total de baterías
Diego García	Rojo	Planta Proteica	137 - 139	17
		Módulo del Personal	141, 142	
		Oficinas	136, 140, 143, 144	
		Patio de caña	14 - 20, 67	
Luis Zamora	Azul	Talleres Galera # 1	1 - 3	13
		Talleres Galera # 2	4 - 6	
		Talleres Galera # 3	7 - 10	
		Talleres Comedor	11 - 13	
Luis Valladares	Verde	Molino C	21 - 27	33
		Molino B	28 - 33	
		Torres de enfriamiento	34, 35, 41, 42	
		Casa de Máq # 1 Cogeneración	36 - 40	
		Casa de Máq # 2 Cogeneración	43 - 53	
Angello Rossatty	Anaranjado	Calderas	54 - 58	17
		Bombas de Inyección	107 - 110	
		Molino A	59 - 66	
Jorge Quintero	Café	Clarificación de Jugo Nivel 1	68	21
		Clarificación de Meladura	86, 87, 132 - 135	
		Nivel 1 de Fábrica	69 - 73, 104 - 106, 117, 128, 129, 131	
		Taller de Aires Acondicionados	111 - 112	
Manuel Canahuí	Amarillo	Nivel 2 de Fábrica	74 - 79	28
		Nivel 3 de Fábrica	82 - 85, 88, 89	
		Nivel 4 de Fábrica	90 - 95	
		Nivel 5 de Fábrica	96 - 103	
		Clarificación de Jugo Nivel 2	80, 81	
Francisco Fiallos	Celeste	Nivel 1 de Refinería	121 - 127, 130, 153	23
		Nivel 2 de Refinería	146, 147	
		Nivel 3 de Refinería	148, 149	
		Nivel 4 de Refinería	150, 151	
		Nivel 5 de Refinería	152	
		Filtros de Cachaza	113 - 116, 118 - 120	
Gabriel Zepeda	Morado	Envasado	154 - 159	24
		Bodega A	160 - 167	
		Bodega B	168 - 173	
		Bodega Granel	174 - 177	

3. Rutas de recolección de baterías en fábrica (ejemplo ilustrativo). A continuación, se muestra un ejemplo ilustrativo de cómo se debe elaborar el plano del área de Fábrica con las rutas de recolección de baterías indicadas. Se debe seguir el formato presentado para representar las rutas de recolección en toda la fábrica.

Programa de Manejo de Desechos Sólidos	Ubicación de las Baterías y Contenedores de Acopio en Fábrica (EJEMPLO ILUSTRATIVO)	Código: DO-GCA-GCA-XX7
		Versión: 01
		Página: 1 de 1

A continuación se muestra un ejemplo ilustrativo de cómo se debe realizar el plano con la ubicación de baterías y contenedores para el área de Fábrica.



Código de colores:

Tono	Color	Tipo de desecho
●	Azul	Papel/Cartón
●	Amarillo	Plástico/Latas
●	Anaranjado	No Clasificado

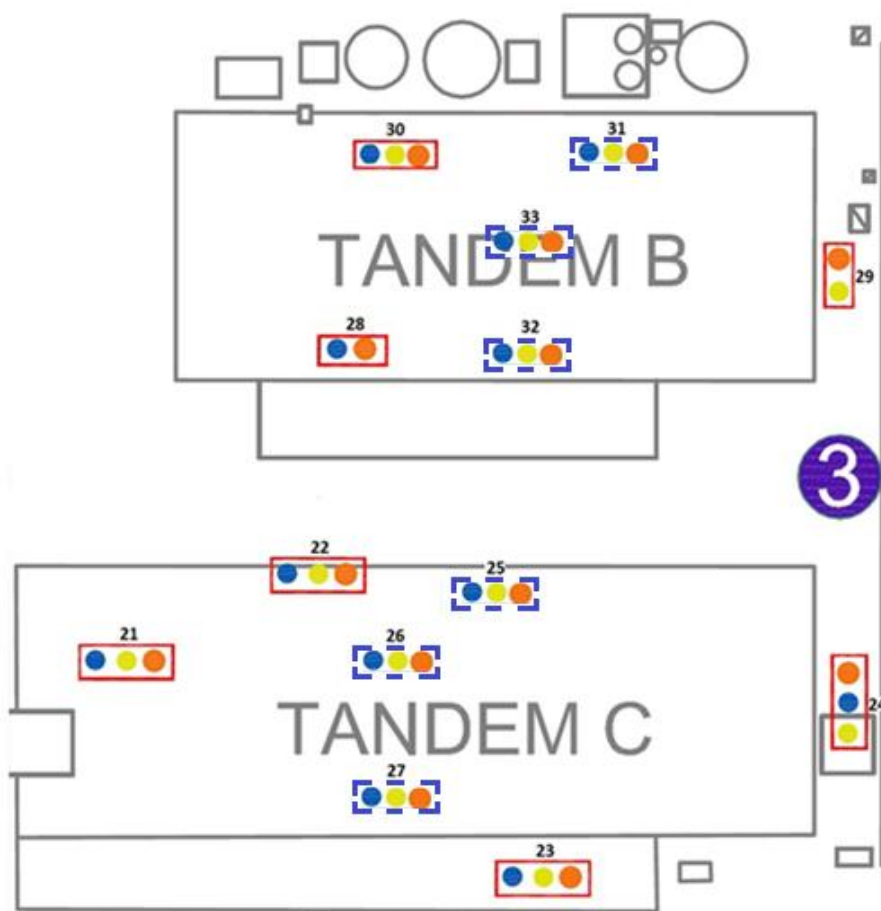
Código de líneas:

Formato	Nivel
	Primero
	Segundo

4. **Ubicación de las baterías y contenedores de acopio en fábrica (ejemplo ilustrativo).** A continuación, se muestra un ejemplo ilustrativo de cómo se debe realizar el plano con la ubicación de baterías y contenedores para el área de Fábrica. Se debe seguir el formato presentado para representar la ubicación de baterías y contenedores en Fábrica.

	Ubicación de las Baterías y Contenedores de Acopio en Fábrica (EJEMPLO ILUSTRATIVO)	Código: DO-GCA-GCA-XX7
Programa de Manejo de Desechos Sólidos		Versión: 01
		Página: 1 de 1

A continuación se muestra un ejemplo ilustrativo de cómo se debe realizar el plano con la ubicación de baterías y contenedores para el área de Fábrica.



Código de colores:

Tono	Color	Tipo de desecho
●	Azul	Papel/Cartón
●	Amarillo	Plástico/Latas
●	Anaranjado	No Clasificado

Código de líneas:

Formato	Nivel
	Primero
	Segundo

B. Documentos de auditorías de baterías

1. PROPÓSITO

- Determinar si las baterías están ubicadas en el lugar correcto, el estado de los recipientes, y si están codificados adecuadamente.
- Determinar si los usuarios están separando los residuos dentro de los recipientes de las baterías.

2. DESARROLLO

2.1. Metodología de evaluación

2.1.1. Materiales e instrumentos a utilizar:

- RE-GCA-GCA-XXX: Registro de Auditoría de Batería del Programa de Manejo de Desechos Sólidos
- Documento de Ubicación de baterías y contenedores de todas las áreas
- Guantes protectores
- Mascarilla
- Balanza
- Cámara fotográfica
- Lapicero
- Bolsas
- Masking tape de 4.8cm de ancho
- Marcador negro

La auditoría se debe realizar evaluando el 30% del total de baterías del ingenio. Para determinar cuántas baterías de cada área deben evaluarse, debe utilizarse la información de la siguiente tabla:

Tabla No. 72: Áreas del Ingenio Magdalena, S.A. y su respectiva cantidad de baterías totales y a evaluar en la auditoría.

Área	Código de área	Total de baterías	Baterías a evaluar
400	4		
Magalcoholes	A		
Biofábrica	B		
Cuadra	C		
Escuelita	E		
Fábrica	F		
Bodega	G		
Hotel/montañita	H		
Cocina Industrial	I		
Magrisa	M		
Obra Civil	O		
Módulo San Patricio	P		
Cooperativa	R		
Torre de caña	T		
Total			

La cantidad de baterías a evaluar a cada área debe ser un número entero, y las baterías se deben escoger de forma aleatoria. En caso el área contenga varias sub-áreas, no se pueden auditar las baterías de una sola sub-área.

Para llevar a cabo la auditoría, se deben responder todas las preguntas del registro RE-GCA-GCA-XXX: Registro de Auditoría de Baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos para todas las baterías a evaluar. Esta información se debe tabular posteriormente de acuerdo en el RE-GCA-GCA-XXX: Registro de Auditoría de Baterías del Programa de Manejo de Desechos Sólidos y tanto los registros resultantes de la auditoría como el registro para presentar la información se le debe entregar directamente al Comité de Manejo de Desechos con copia a la Gerencia de Comunicación & Responsabilidad Social del Ingenio Magdalena, S.A.

2.2. Instrucciones

2.2.1. Código de batería: El código de la batería indica el área donde se generan los desechos (según la tabla No. 1) y el número de batería en el área en tres dígitos.

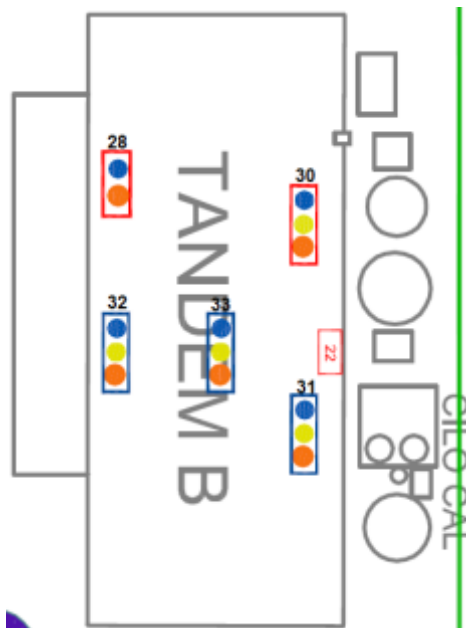
Por ejemplo, para la batería número 21 de Fábrica el código es:

F-021

2.2.2. Pregunta 1: Marcar la casilla “Sí” si la posición de la batería concuerda con el mapa de ubicación de las baterías. Marcar la casilla “No” si lo anterior no se cumple.

Por ejemplo, si la batería 28 del Tándem B está ubicada en el lugar que indica el mapa y tiene el respectivo número de batería, se marca la casilla “Sí”, de lo contrario, se marca la casilla “No”.

Figura No. 53 Localización de la batería 028 del Tándem B en Fábrica.



2.2.3. Pregunta 2: Marcar las casillas de los aspectos que se cumplan de acuerdo a las siguientes especificaciones (no es necesario que se

cumplan todas al mismo tiempo, sólo se deben marcar las que sí se cumplen):

- 1) *Seguridad*: La batería no obstruye ni dificulta el paso del personal o un proceso llevado a cabo en el área.
- 2) *Utilidad*: La batería está cerca del lugar de generación de los desechos y contiene la cantidad de recipientes necesarios de acuerdo a los desechos que se generan en el área donde está ubicada.
- 3) *Techo*: Los recipientes de la batería tienen tapadera o están bajo un lugar techado, es decir, los desechos no están en contacto directo con el ambiente.
- 4) *Espaciamiento*: Dos o más baterías no están ubicadas a menos de 5 metros entre sí, a menos que haya necesidad de mayor capacidad para depositar los desechos.

Observaciones: indicar aspectos desfavorables en cuanto a la posición de la batería (si existieran) o si es necesario colocar más baterías o recipientes cercanos.

2.2.4. Pregunta 3: Marcar el tipo de recipiente con el que cuenta la batería en base a su forma y tamaño de la siguiente manera:

- 1) Tipo A: Se refiere al recipiente de tonel de metal.
- 2) Tipo B: Se refiere al recipiente de tonel de plástico.
- 3) Tipo C: Se refiere al recipiente plástico de perfil rectangular con tapadera manual
- 4) Tipo D: Se refiere al recipiente plástico de perfil rectangular con tapadera con acción de pedal.

5) Otros: Cualquier recipiente que no esté incluido en los tipos anteriores.

En caso los recipientes no corresponden a ninguno de los listados anteriormente, indicar la forma de la base del recipiente (circular, rectangular o cuadrada) y sus dimensiones (diámetro y longitud de sus lados) en centímetros, además indicar la altura del recipiente en centímetros.

2.2.5. Pregunta 4: Marcar las casillas que correspondan al tipo de desechos presentes en la batería, si está presente más de un recipiente por desecho, indicarlo al lado derecho de la casilla dentro de un paréntesis.

La numeración utilizada para designar los diferentes tipos de desechos se muestra a continuación en la siguiente página.

Tabla No. 73: Codificación del tipo de desechos generados en el ingenio.

Desecho	Numeración
Orgánico	1
Papel/cartón	2
Plástico/latas	3
Vidrio	4
Bagazo	5
No clasificado	6
Eléctricos y Electrónicos	7
Duroport	8
Alto riesgo	9
Chatarra	C

Las clasificaciones de los desechos de “Alto riesgo” y “Desechos Sanitarios” (sin numeración asignada), se han asignado por motivos de seguridad de los responsables de limpieza, recolectores y auditores. También existe una codificación del color de las bolsas de este tipo de desechos, para Desechos Sanitarios se utiliza una bolsa blanca y para desechos de Alto Riesgo una bolsa roja.

Al visualizar estos códigos, cualquier persona debe evitar tener contacto con los desechos contenidos dentro de las bolsas, y en este caso las preguntas de la 13 a la 16 no aplican.

2.2.6. Pregunta 5: Marcar la casilla de los tipos de recipientes que cumplan con cada uno (es decir, con todos al mismo tiempo) de los siguientes aspectos:

1) *Nomenclatura correcta:* Consta del área de generación del desecho, el número de batería dentro del área y el tipo de desecho que contiene el recipiente, cada uno separado por un guion menor.

Por ejemplo, el recipiente para desechos orgánicos de la tercera batería de Módulos San Patricio se codifica de la siguiente manera:

P-003-1

En el ejemplo anterior, nótese que el número de batería debe contener tres dígitos.

2) *Posición correcta:* El código debe estar escrito en la parte superior del recipiente y debe estar dentro de un rectángulo de color blanco.

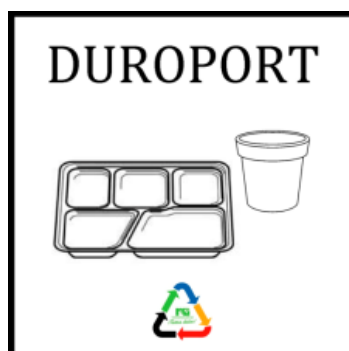
3) *Tamaño:* El tamaño de la letra del código debe ser tal que quepa en un rectángulo de 0.05m de alto por 0.28m de ancho.

4) *Color:* El color de la letra debe ser negro.

Los únicos recipientes que pueden variar en el tamaño de la codificación son los de Desechos Sanitarios.











2.2.7. Pregunta 6: Marcar las casillas de los recipientes que tengan un rótulo indicando el tipo de desecho que se debe depositar en dicho recipiente. Es decir, que puede tener indicado el tipo de desecho que se puede depositar en el recipiente, de cualquier forma.

2.2.8. Pregunta 7: Marcar las casillas de los recipientes cuyo rótulo cumplan con los estándares de color y diseño. Los colores y diseños estándar para los diferentes tipos de desechos son:



2.2.9. Pregunta 8: Marcar las casillas de los recipientes que estén pintados por completo en la parte exterior; cumpliendo con el color estándar de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla No. 74: Codificación por color del tipo de desechos generados en el ingenio.

Desecho	Color	Tono
Orgánico	Negro	
Plástico/Latas	Amarillo	
Papel/Cartón	Azul	
Vidrio	Verde	
Bagazo	Morado	
Eléctricos y electrónicos	Café	
Duroport	Gris	
No clasificado	Anaranjado	
Alto riesgo	Rojo	
Chatarra	Celeste	

2.2.10. Pregunta 9: Marcar las casillas de los aspectos que se cumplan de acuerdo a las siguientes especificaciones (no es necesario que se cumplan todas al mismo tiempo, sólo se deben marcar las que sí se cumplen):

- 1) *Limpio*: El recipiente está limpio, no tiene polvo ni está sucio con tierra, líquidos, grasas ni con ninguna otra impureza.
- 2) *Pintado*: La pintura de los recipientes está en buenas condiciones, no se está cayendo ni está deteriorada.
- 3) *Conservado*: El recipiente no está deteriorado ni golpeado de forma importante. Tampoco está oxidado.

2.2.11. Pregunta 10: Sujetar el recipiente y agitarlo para distribuir uniformemente los desechos. Marcar el porcentaje del recipiente que

aproximadamente ocupen los desechos, de acuerdo a los siguientes criterios:

- 1) Menos del 50%: Los desechos ocupan menos de la mitad del recipiente.
- 2) 50%: Los desechos ocupan aproximadamente la mitad del recipiente.
- 3) 75%: Los desechos ocupan tres cuartos del recipiente, es decir que contiene más que la mitad del nivel pero no está completamente lleno.
- 4) Lleno: Los desechos ocupan casi todo o la totalidad del recipiente.

2.2.12. Pregunta 11: Marcar las casillas de los tipos de recipientes que tengan una bolsa plástica para contener los desechos.

2.2.13. Pregunta 12: Marcar las casillas de los tipos de recipientes cuya bolsa para contener los desechos esté en buen estado, es decir, sin rasgaduras y seca (interna y externamente).

2.2.14. Pregunta 13: Retirar la bolsa de los recipientes, pesar su contenido en una balanza y anotar el peso (en libras).

2.2.15. Pregunta 14: Vaciar la bolsa de un recipiente, e incorporar en ella únicamente los desechos que pertenezcan a la clasificación de la bolsa. Pesar la bolsa, anotar el peso (en libras) y repetir para todos los recipientes de la batería. Nótese que lo que se hace es sólo pesar los desechos que están correctamente clasificados en cada recipiente. Los desechos de Alto Riesgo no se reclasifican.

2.2.16. Pregunta 15: Los desechos que estén colocados fuera de los recipientes de la batería se pesan en la balanza y se anota su peso en libras.

2.2.17. Pregunta 16: Luego de haber obtenido la información relacionada con las preguntas 14, 15 y 16, reclasificar todos los desechos de la batería en las categorías correspondientes, y pesar individualmente cada grupo de desechos (orgánico, vidrio, plástico, etc., cada uno por aparte); anotar el resultado de esta medición. Con esto se busca determinar el peso total de cada clasificación de desechos en la batería.

2.3. Periodicidad

La presente auditoría se debe llevar a cabo en el ingenio dos veces al año, una en periodo de reparación y la segunda en zafra.

C. Documentos de auditoría de contenedores

DO-GCA-GCA-002 Auditoría de baterías del Programa de Manejo de Desechos

1. PROPÓSITO

- Determinar si los contenedores están ubicados en el lugar correcto en el respectivo plano, el estado de las divisiones de los desechos, y si están codificados adecuadamente.
- Determinar si se están colocando las bolsas de los desechos sólidos en su respectiva categoría dentro del contenedor y si las mismas se encuentran debidamente identificadas.

2. DESARROLLO

2.1. Metodología de Evaluación

La auditoría se debe realizar evaluando al menos un contenedor por cada área del ingenio. La siguiente tabla indica las diferentes áreas del ingenio:

Área	Código de área	Total de contenedores
400	4	
Magalcoholes	A	
Biofábrica	B	
Cuadra	C	
Escuelita	E	
Fábrica	F	
Hotel/montañita	H	
Magrisa	M	
Módulo San Patricio	P	
Torre de caña	T	

2.1.1. Materiales e instrumentos a utilizar:

- Guantes protectores
- Mascarilla
- Cámara fotográfica
- Encuestas
- Lapicero
- Bolsas
- Masking tape
- Marcador negro

2.2. Instrucciones

Pregunta 0:El código de los contenedores consta de dos partes: la primera indica el área a la que pertenece (según la tabla en el inciso 2.1) y la segunda indica el número de contenedor del área, este código debe ser utilizado en todos los contenedores del ingenio. Se debe de revisar que la numeración sea la correcta.

Por ejemplo el contenedor número uno de Magrisa es:

M-001

Pregunta 1: Marcar las casillas que correspondan al tipo de desechos presentes en el contenedor. La numeración utilizada para designar los diferentes tipos de desechos se muestra a continuación:

Desechos	Numeración
Duroport	0
Orgánico	1
Papel/cartón	2
Plástico/latas	3
Vidrio	4
Bagazo	5
No clasificado	6
Desechos Sanitarios	7
Wipe	8
Alto Riesgo	9
Chatarra	C

La numeración de los desechos clasificados como “Desechos Sanitarios” y “Alto Riesgo”, se han asignado por motivos de seguridad de los responsables de limpieza, recolectores y auditores. Al visualizar estos códigos, cualquier persona debe evitar tener contacto con los desechos contenidos dentro de las bolsas.

Pregunta 2: Marcar la casilla si el contenedor cumple con todos (si no cumpliera con alguno automáticamente la respuesta es no) de los siguientes aspectos:

- 1) *Numeración correcta:* El número del contenedor correspondiente asignado en el plano de ubicación de baterías y contenedores.
- 2) *Posición correcta:* El código debe estar escrito en la parte frontal del contenedor justo en medio de las dos puertas de cada categoría de desechos.
- 3) *Tamaño:* El tamaño de la letra del número debe ser lo suficientemente grande como para verse desde varios metros de distancia
- 4) *Color:* El color de la letra debe ser negro.

A continuación se muestra una imagen de muestra que cumple con los aspectos anteriores:



Pregunta 3: Marcar las casillas de las divisiones de los desechos presentes en el contenedor que tengan indicación del tipo de desecho que se debe depositar en el mismo. Las mismas deben cumplir con su rótulo estándar de color y diseño. Los colores y diseños estándar para los diferentes tipos de desechos son:

Pregunta 4: Marcar la división de desechos que esté pintada por completo en la parte exterior; cumpliendo con el color estándar de acuerdo a la siguiente tabla:

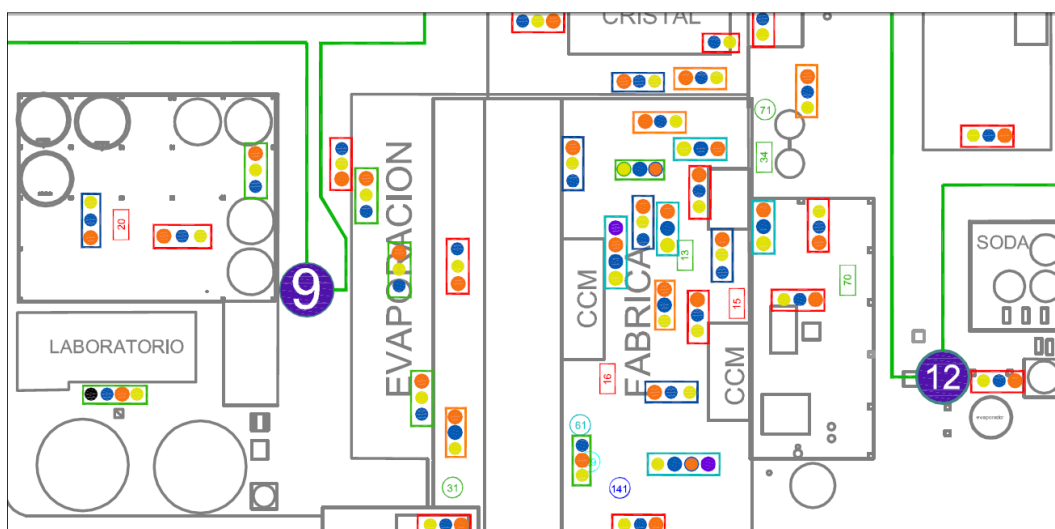
Desechos	Color	Tono
Duroport	Gris	
Orgánico	Negro	
Plástico/latas	Amarillo	
Papel/cartón	Azul	
Vidrio	Verde	
No clasificado	Naranja	
Bagazo	Morado	
Desechos sanitarios	Blanco	
Wipe	Anaranjado	
Alto riesgo	Rojo	
Chatarra	Celeste	

Pregunta 5: Marcar las casillas de los aspectos que se cumplan de acuerdo a las siguientes especificaciones:

- 1) *Limpieza:* La división de desechos se encuentra limpia, no está sucia con tierra ni con ninguna otra impureza.
- 2) *Pintura:* La pintura de la división de desechos está en buenas condiciones, no se está cayendo ni está deteriorada.
- 3) *Conservación:* La división de desechos no está deteriorada ni golpeada de forma importante. Tampoco está oxidada.

Pregunta 6: Marcar la casilla “Sí” si el número y posición del contenedor concuerda en el mapa de ubicación de las baterías y contenedores. Marcar la casilla “No” si lo anterior no se cumple.

Así se debería de ver los contenedores 9 y 12 con su posición respectiva en el plano de ubicación de contenedores.



Pregunta 7: Marcar las casillas de los aspectos que se cumplan de acuerdo a las siguientes especificaciones (no es necesario que se cumplan todas al mismo tiempo, sólo se deben marcar las que sí se cumplen):

- 1) *Seguridad:* El contenedor no obstruye ni dificulta el paso del personal o un proceso llevado a cabo en el área.
- 2) *Utilidad:* El contenedor está cerca del lugar de generación de los desechos y contiene la cantidad de divisiones necesarias de acuerdo a los desechos que se generan en el área donde está ubicado.

- 3) *Espaciamiento*: Dos o más contenedores no están ubicadas a menos de 20 metros entre sí, a menos que haya necesidad de mayor capacidad para depositar los desechos.

Pregunta 8: Marcar las casillas de los tipos de desechos cuyas bolsa para contener los desechos esté en buen estado, es decir, sin rasgaduras y seca (interna y externamente). En caso al menos una sola bolsa no cumpla con estar en buen estado la categoría completa de desechos no cumple.

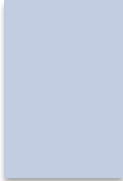
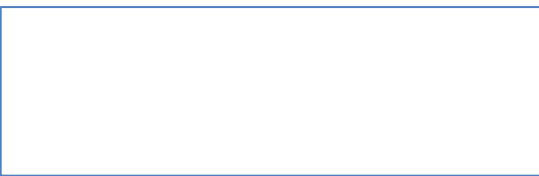
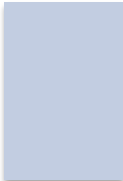
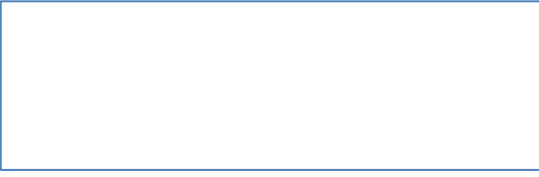
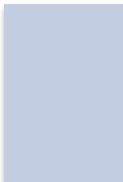

Pregunta 9: Marcar las casillas de la división de desechos cuyas bolsas para contener los desechos estén identificadas por medio de un pedazo de masking tape que contenga escrito con lapicero el código del recipiente de la batería de donde proviene de manera legible.

D. Documentos del procedimiento de implementación del programa de Manejo de Desechos Sólidos en Planta de Alimentos



Ficha de limpiadores y sanitizantes

Limpiadores, sanitizantes y empaques	
Nombre del producto:	
Limpiador o sanitizantes	Material del empaque
Preguntas:	
1. ¿Existe un potencial riesgo biológico asociado con el material o empaque? (Bacterias, Parásitos, Virus).	
2. ¿Existe un potencial riesgo químico asociado con la materia prima o empaque? (Antibióticos, pesticidas, solventes, alérgenos, químicos).	
3. ¿Existe un potencial riesgo físico asociado con el material o empaque? (metálico, no metálico, piedras, suciedad, materiales extraños).	
LISTADO DE PELIGROS	
Incluir todas las ayudas de proceso como gases o agua.	
Recursos para encontrar fuentes de peligro: bases de datos, textos de referencia, literatura científica, historia del producto, archivo de reclamos, determinación de expertos, especificaciones de proveedores	

Identificación de peligros y análisis de riesgo																																																							
Nombre del producto: DIVOSAN FORTE																																																							
Peligros		Controlados en																																																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2"><i>Azul: Riesgo para la Salud</i></th> <th colspan="2"><i>Rojo: Riesgo de Inflamabilidad</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>Normal</td> <td>0</td> <td>No se inflama</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Ligeramente peligroso</td> <td>1</td> <td>Debe Precaentarse para arder</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Peligroso</td> <td>2</td> <td>Entra en Ignición al calentarse moderadamente</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Extremadamente Peligroso</td> <td>3</td> <td>Entra en Ignición a temperaturas normales</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Peligro de Muerte</td> <td>4</td> <td>Extremadamente inflamable</td> </tr> <tr> <th colspan="2"><i>Amarillo: Riesgo de Reactividad</i></th> <th colspan="2"><i>Bianco; Especial</i></th> </tr> <tr> <td>0</td> <td>Producto Estable</td> <td>Oxy</td> <td>Oxidante</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Inestable si se calienta</td> <td>Acid</td> <td>Acido</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Violenta Reacción Química</td> <td>Alk</td> <td>Alcalino</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Con golpe o calor puede explotar</td> <td>Corr</td> <td>Corrosivo</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Puede Explotar Fácilmente</td> <td>W</td> <td>No usar agua</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><i>Peligro de Radiación</i></td> </tr> </tbody> </table>		<i>Azul: Riesgo para la Salud</i>		<i>Rojo: Riesgo de Inflamabilidad</i>		0	Normal	0	No se inflama	1	Ligeramente peligroso	1	Debe Precaentarse para arder	2	Peligroso	2	Entra en Ignición al calentarse moderadamente	3	Extremadamente Peligroso	3	Entra en Ignición a temperaturas normales	4	Peligro de Muerte	4	Extremadamente inflamable	<i>Amarillo: Riesgo de Reactividad</i>		<i>Bianco; Especial</i>		0	Producto Estable	Oxy	Oxidante	1	Inestable si se calienta	Acid	Acido	2	Violenta Reacción Química	Alk	Alcalino	3	Con golpe o calor puede explotar	Corr	Corrosivo	4	Puede Explotar Fácilmente	W	No usar agua	<i>Peligro de Radiación</i>					
<i>Azul: Riesgo para la Salud</i>		<i>Rojo: Riesgo de Inflamabilidad</i>																																																					
0	Normal	0	No se inflama																																																				
1	Ligeramente peligroso	1	Debe Precaentarse para arder																																																				
2	Peligroso	2	Entra en Ignición al calentarse moderadamente																																																				
3	Extremadamente Peligroso	3	Entra en Ignición a temperaturas normales																																																				
4	Peligro de Muerte	4	Extremadamente inflamable																																																				
<i>Amarillo: Riesgo de Reactividad</i>		<i>Bianco; Especial</i>																																																					
0	Producto Estable	Oxy	Oxidante																																																				
1	Inestable si se calienta	Acid	Acido																																																				
2	Violenta Reacción Química	Alk	Alcalino																																																				
3	Con golpe o calor puede explotar	Corr	Corrosivo																																																				
4	Puede Explotar Fácilmente	W	No usar agua																																																				
<i>Peligro de Radiación</i>																																																							
Medidas de primeros auxilios																																																							
Inhalación: Contacto con la piel: Contacto con los ojos: Ingestión: Adjuntar fichas técnicas																																																							
NOTA PARA EL MÉDICO:																																																							

Manual de limpiadores, sanitizantes	
Nombre del producto:	
Limpiador o sanitizantes	Concentración
Equipos	
Método de preparación	
	
	
	
UTILIZAR	

Ejemplo de ficha

Lista limpiadores, sanitizantes y empaques	
Nombre del producto: DIVOSAN FORTE VT6 ácido peracético	
Limpiador o sanitizantes	Material del Empaque
Sanitizantes	Plástico
<p>Preguntas:</p> <p>1. ¿Existe un potencial riesgo biológico asociado con el material o empaque? (Bacterias, Parásitos, Virus). NO</p> <p>2. ¿Existe un potencial riesgo químico asociado con la materia prima o empaque? (Antibióticos, pesticidas, solventes, alérgenos, químicos). Sí, Oxidante corrosivo</p> <p>3. ¿Existe un potencial riesgo físico asociado con el material o empaque? (metálico, no metálico, piedras, suciedad, materiales extraños). Sí, Oxidante corrosivo</p>	
LISTADO DE PELIGROS	
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">   </div>	
Incluir todas las ayudas de proceso como gases o agua.	
<p>Recursos para encontrar fuentes de peligro: bases de datos, textos de referencia, literatura científica, historia del producto, archivo de reclamos, determinación de expertos, especificaciones de proveedores</p>	

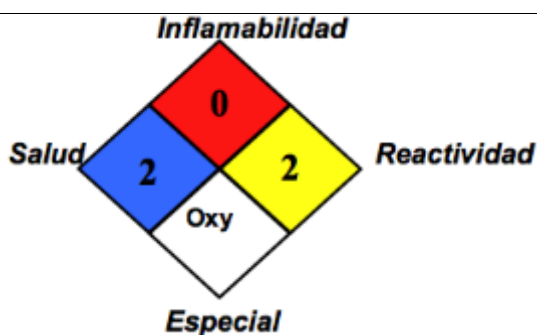
Identificación de peligros y análisis de riesgo

Nombre del producto: DIVOSAN FORTE

Peligros

Controlados en

<i>Azul: Riesgo para la Salud</i>		<i>Rojo: Riesgo de Inflamabilidad</i>	
0	Normal	0	No se inflama
1	Ligeramente peligroso	1	Debe Precaentarse para arder
2	Peligroso	2	Entra en Ignición al calentarse moderadamente
3	Extremadamente Peligroso	3	Entra en Ignición a temperaturas normales
4	Peligro de Muerte	4	Extremadamente inflamable
<i>Amarillo: Riesgo de Reactividad</i>		<i>Bianco; Especial</i>	
0	Producto Estable	Oxy	Oxidante
1	Inestable si se calienta	Acid	Acido
2	Violenta Reacción Química	Alk	Alcalino
3	Con golpe o calor puede explotar	Corr	Corrosivo
4	Puede Explotar Fácilmente	W	No usar agua
<i>Peligro de Radiación</i>			



- Almacenamiento
- Equipo de protección
- Aplicación
- Dilución

Medidas de primeros auxilios

Inhalación: Alejar de la fuente de exposición, obtener atención medica si persiste algún síntoma.

Contacto con la piel: Lavar completamente con agua. Retirar las prendas contaminadas, obtener atención medica.

Contacto con los ojos: Lavar inmediatamente con abundante agua durante mínimo 15 minutos. Obtener atención médica

Ingestión: Retirar el producto de la boca, beber 1 a 2 vasos de agua (o leche) y obtener atención médica.

Adjuntar fichas técnicas

NOTA PARA EL MÉDICO: ÁCIDO PERACÉTICO

Manual de limpiadores, sanitizantes

Nombre del producto: DIVOSAN FORTE VT6

Limpiador o sanitizantes

Concentración

SANITIZANTE

1% v/v

Equipos

- Contenedor identificado para guardar solución
- Probeta de 10 y 1000 mL

Método de preparación



Adicionar en el contenedor de solución 10mL de DIVOSAN Forte con una probeta



Adicionar en el bote de solución 990mL de agua con una probeta de 1000mL



Mezclar hasta tener una solución homogénea

UTILIZAR

- Guantes
- Mascarilla
- Lentes
- Bata protectora

XVI. APÉNDICE D: CENTRO DE ACOPIO

A. Diagramas y esquemas

Figura No. 54 Secciones de marco estructural del centro de acopio.

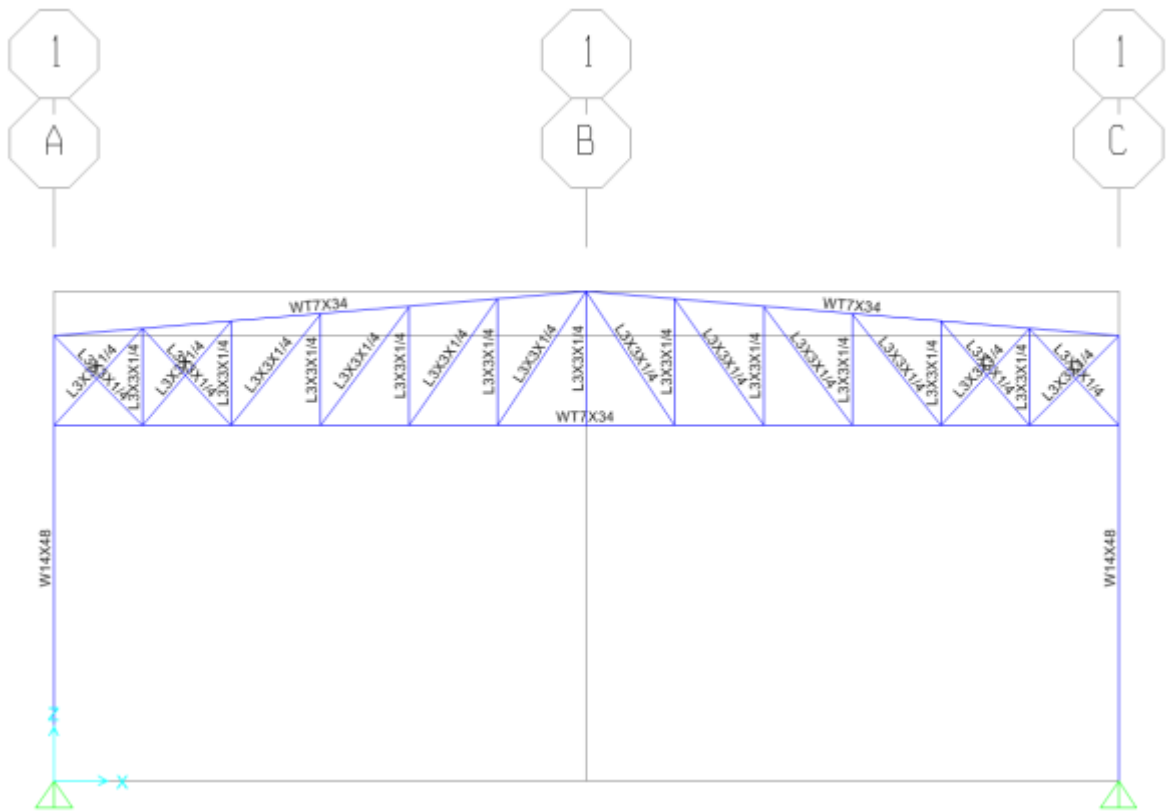


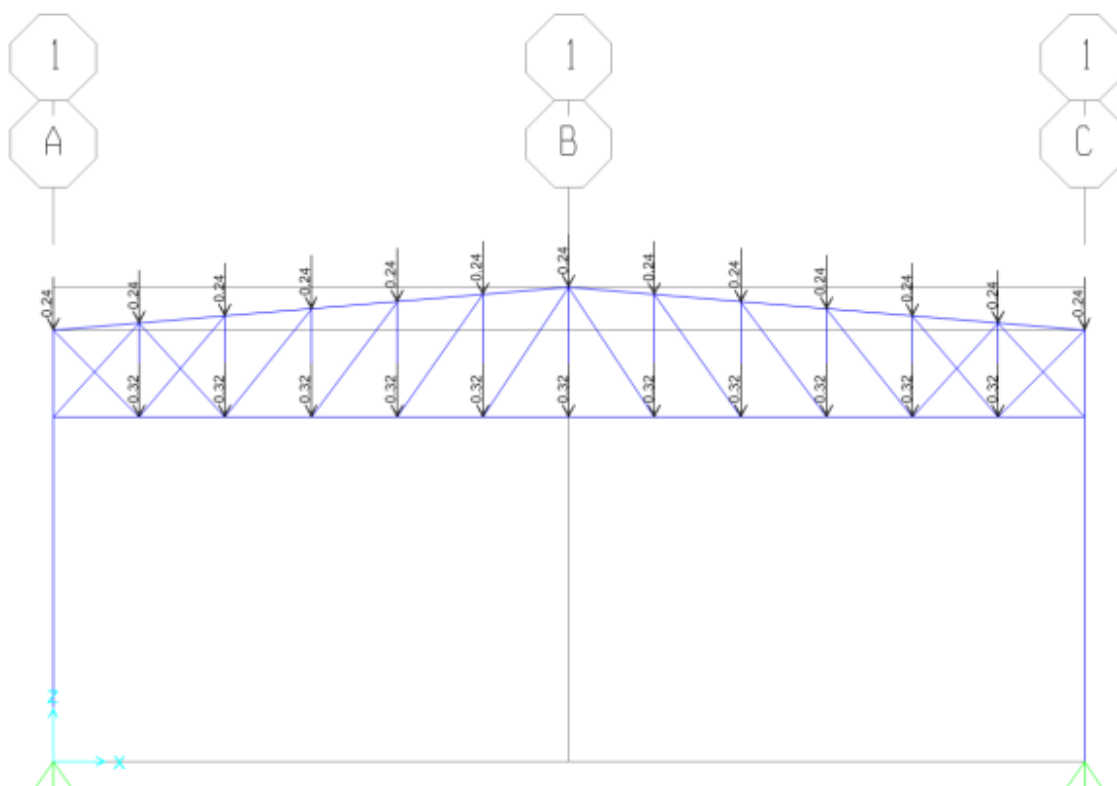
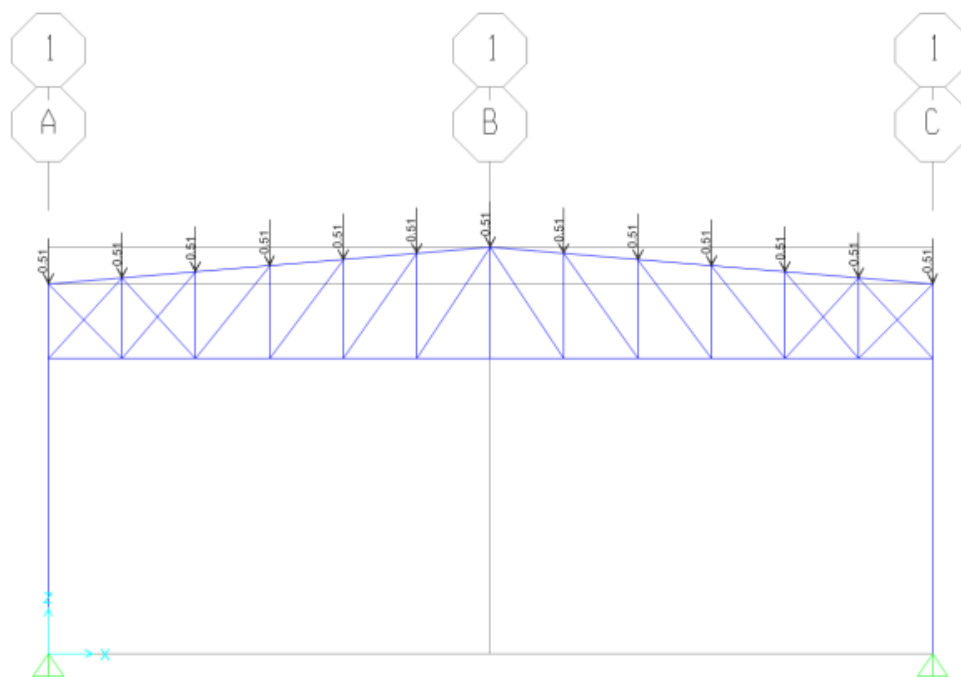
Figura No. 55 Carga sobrepuesta del centro de acopio.**Figura No. 56** Carga viva del centro de acopio.

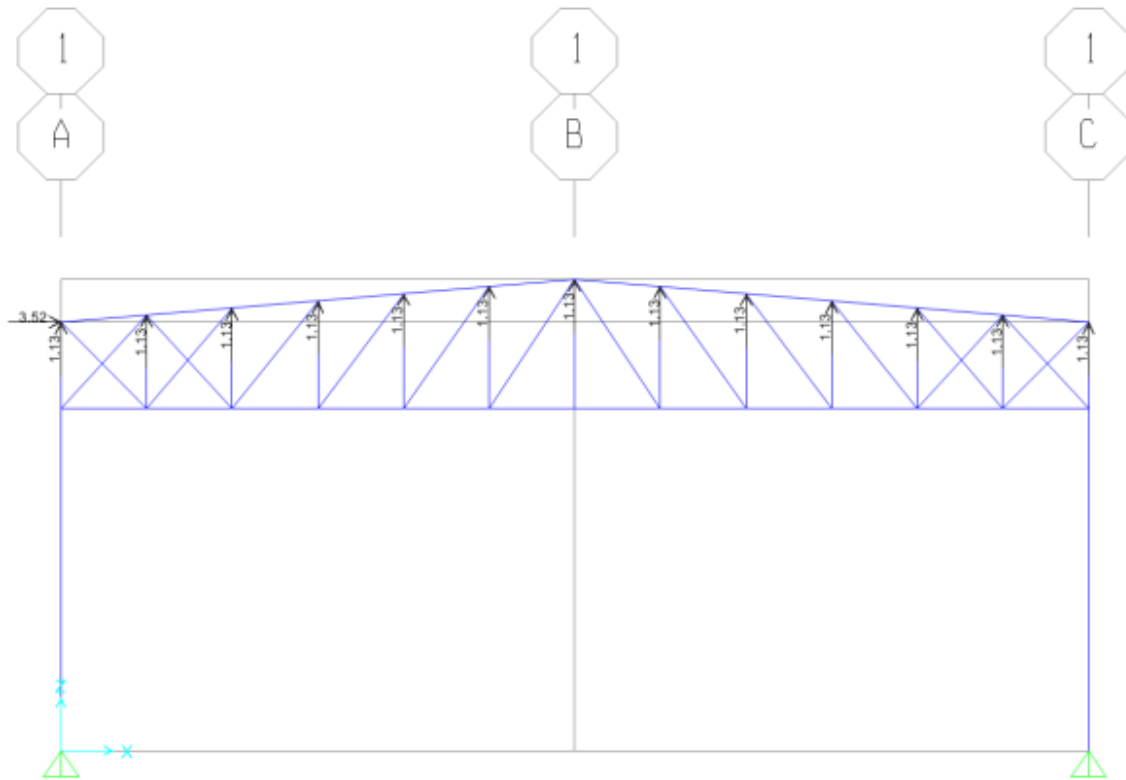
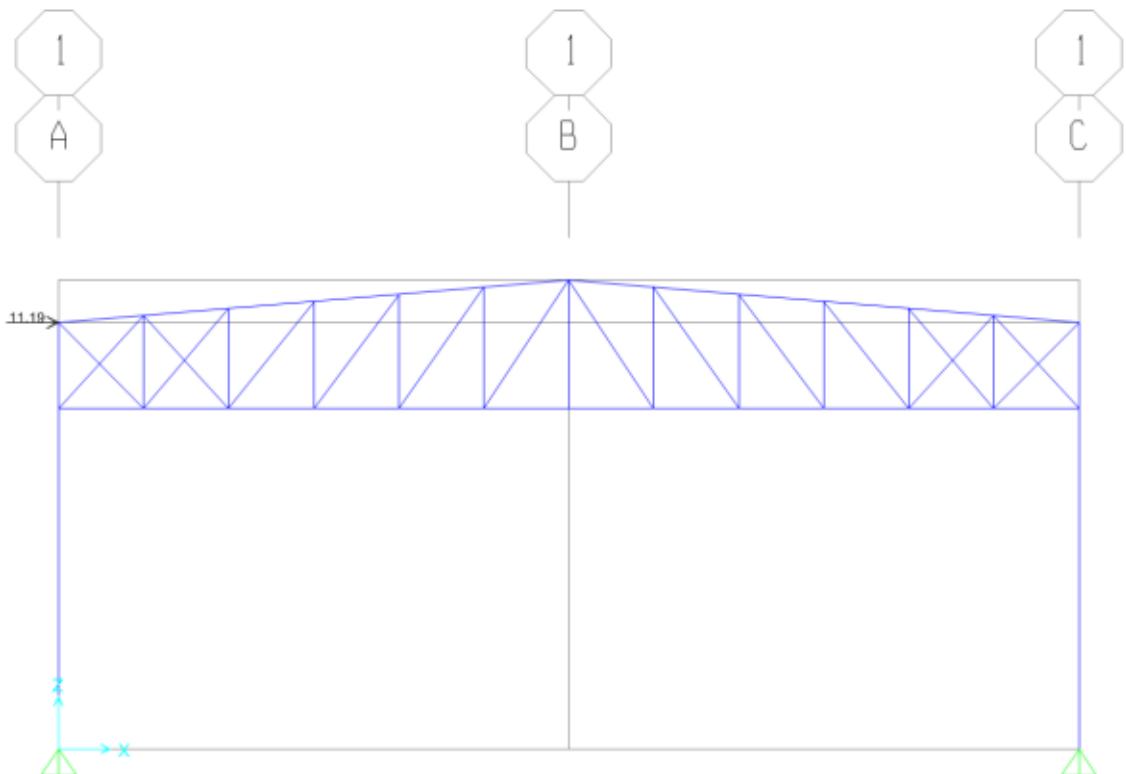
Figura No. 57 Carga de viento del centro de acopio.**Figura No. 58** Carga de sismo del centro de acopio.

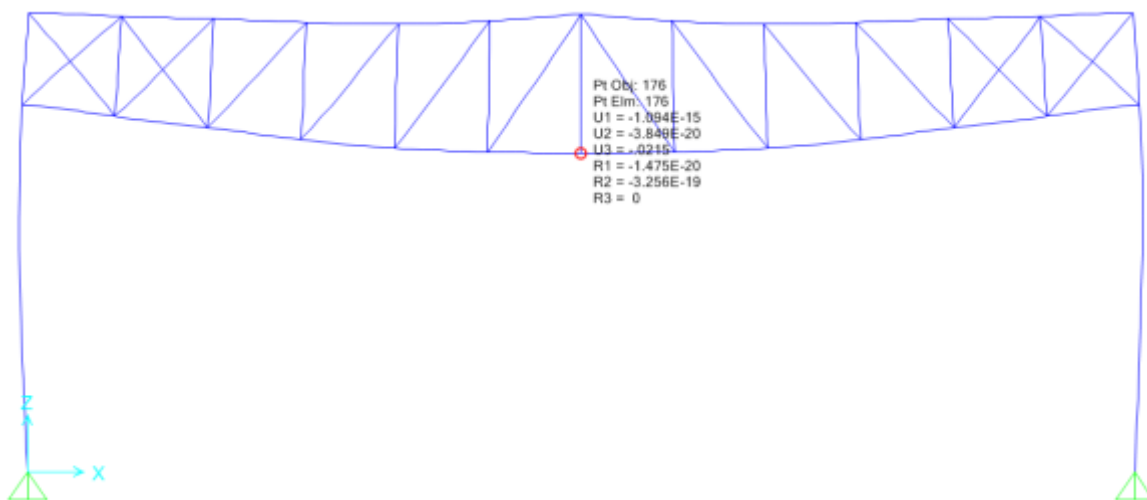
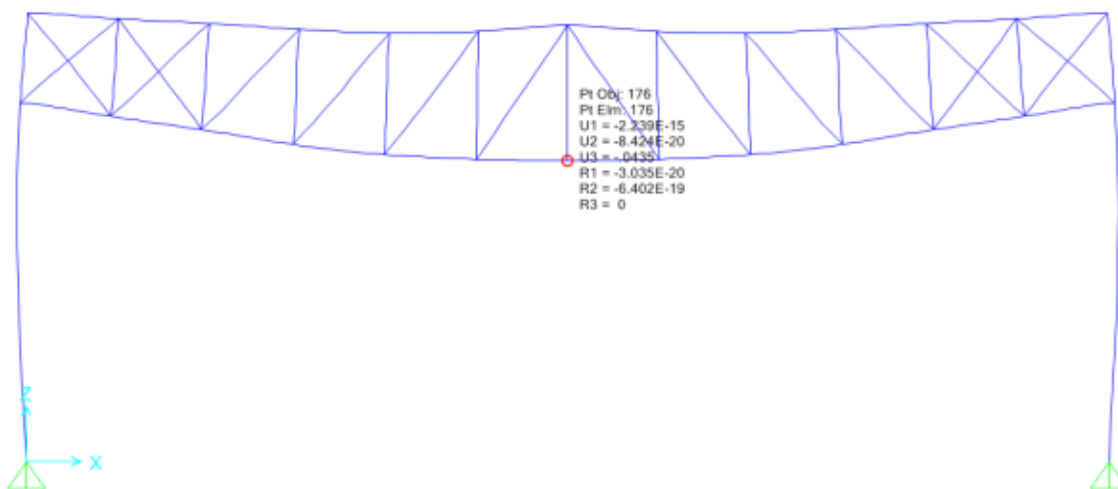
Figura No. 59 Deflexión de carga muerta del centro de acopio.**Figura No. 60** Deflexión de carga sobrepuesta del centro de acopio.

Figura No. 61 Deflexión de carga viva del centro de acopio.

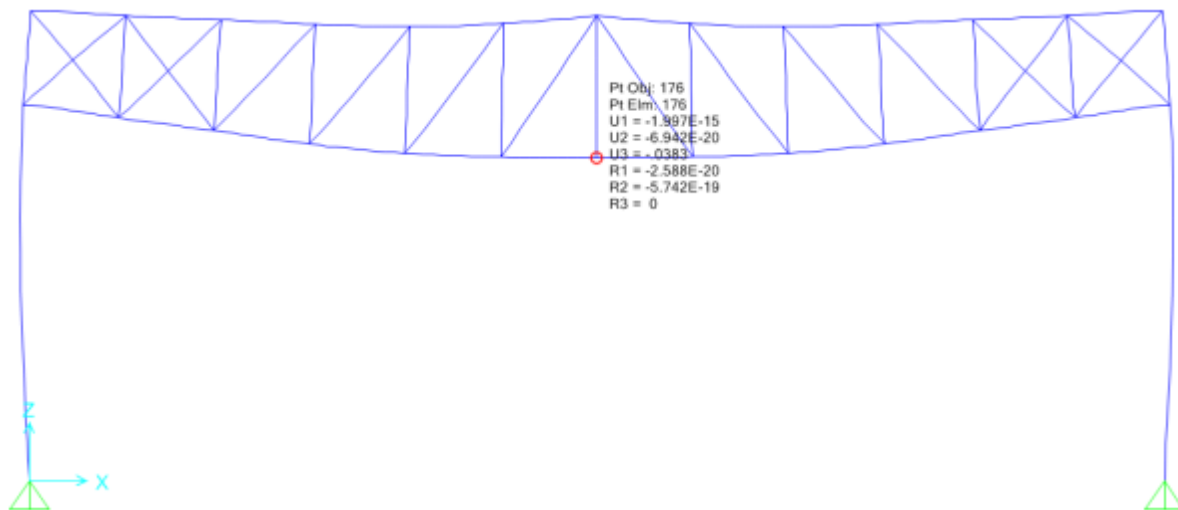


Figura No. 62 Deflexión de carga de viento.

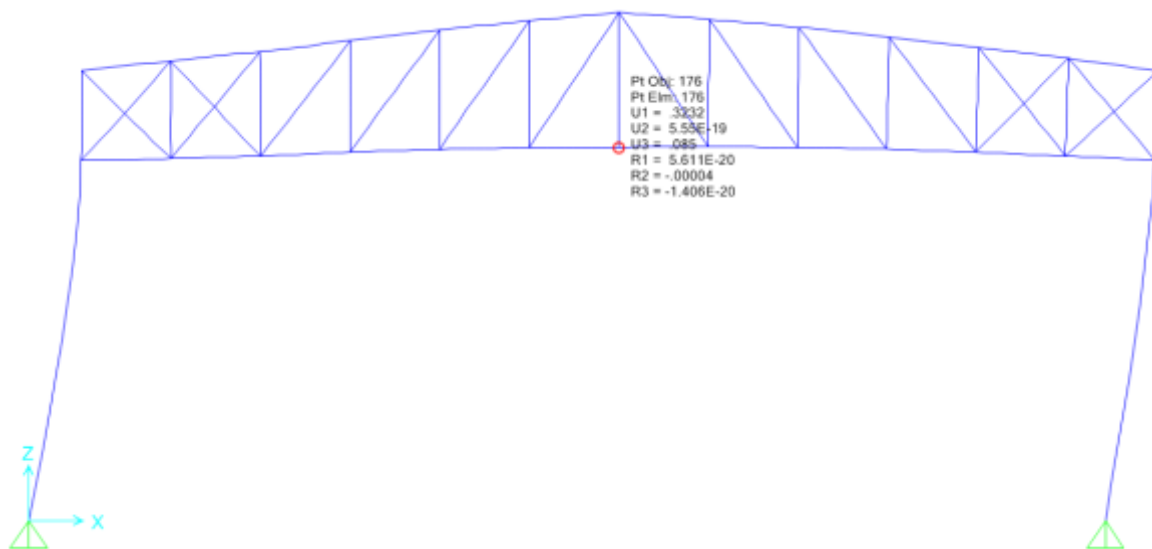


Figura No. 63 Vista de marco con secciones.

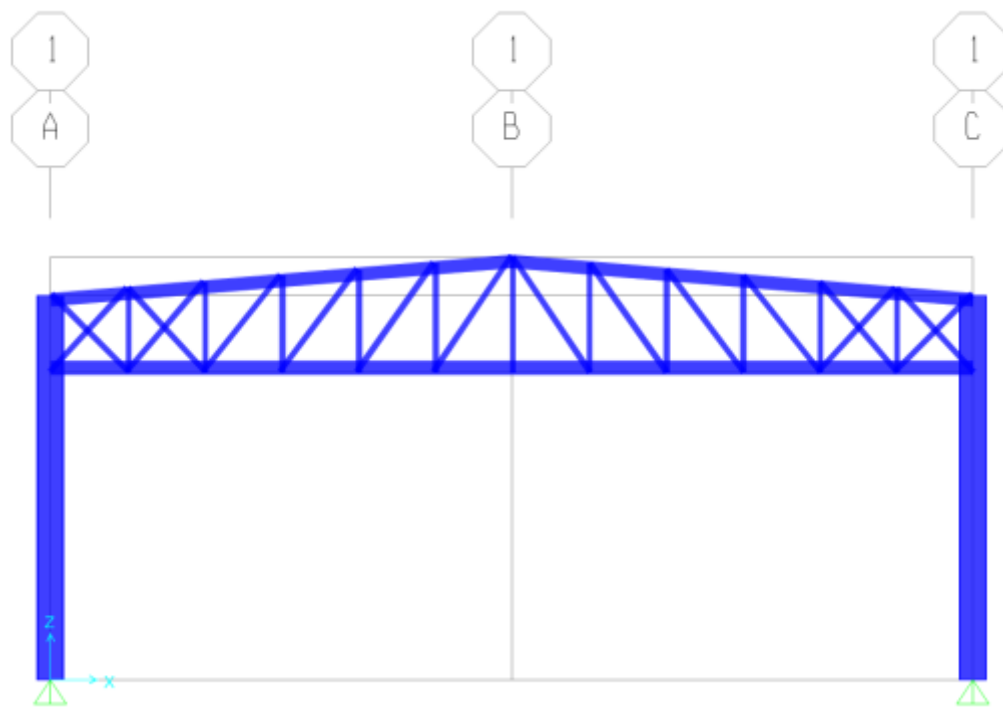
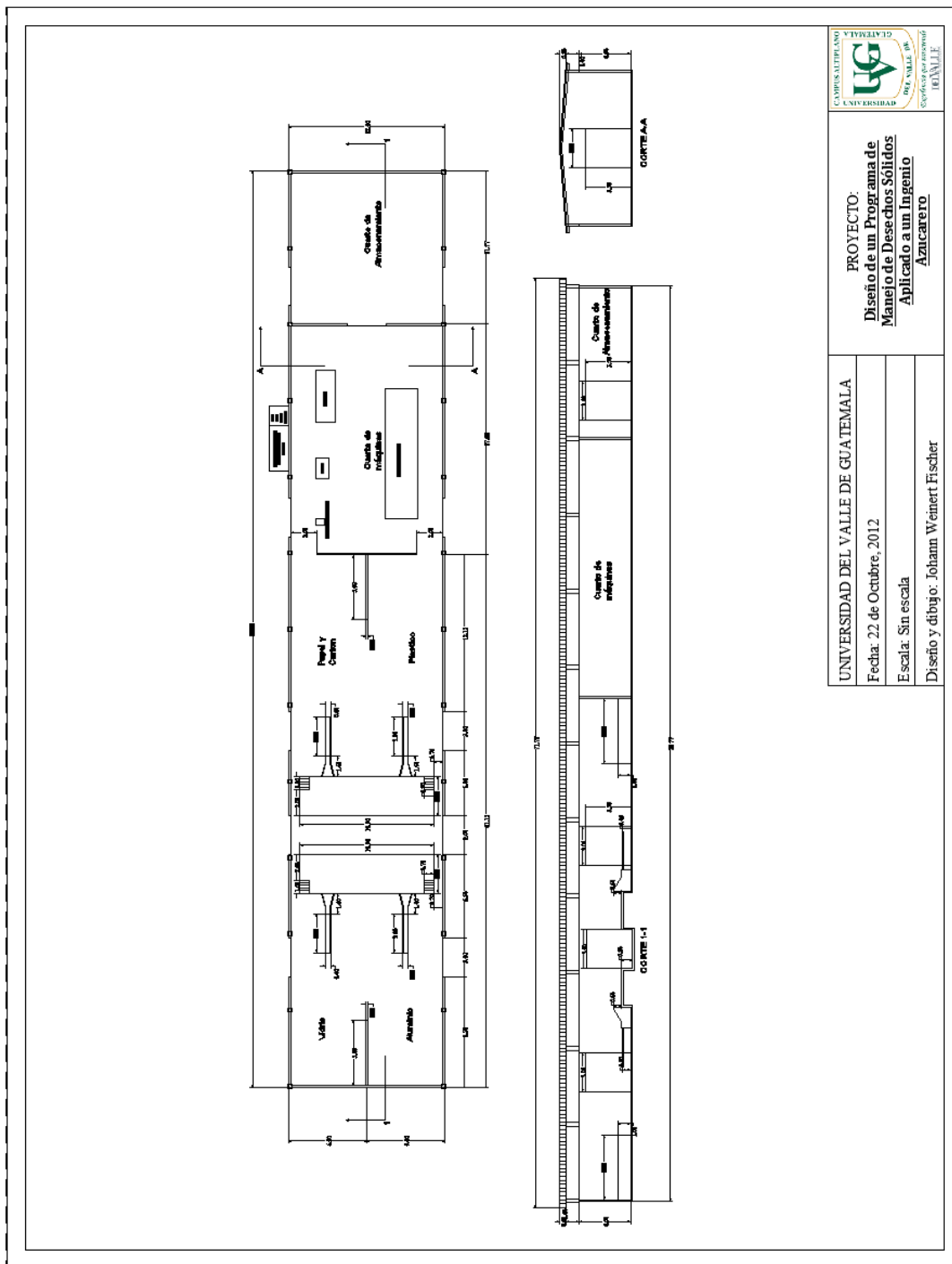


Figura No. 64 Plano del Centro de acopio.




	
<p>PROYECTO: Diseño de un Programa de Manejo de Resechos Sólidos Aplicado a un Ingenio Azucarero</p>	
<p>UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA</p>	<p>PROYECTO: Diseño de un Programa de Manejo de Resechos Sólidos Aplicado a un Ingenio Azucarero</p>
<p>Fecha: 22 de Octubre, 2012</p>	<p>Fecha: 22 de Octubre, 2012</p>
<p>Escala: Sin escala</p>	<p>Escala: Sin escala</p>
<p>Diseño y dibujo: Johann Weintert Fischer</p>	<p>Diseño y dibujo: Johann Weintert Fischer</p>

Figura No. 65 Vista preliminar de centro de acopio en 3D.

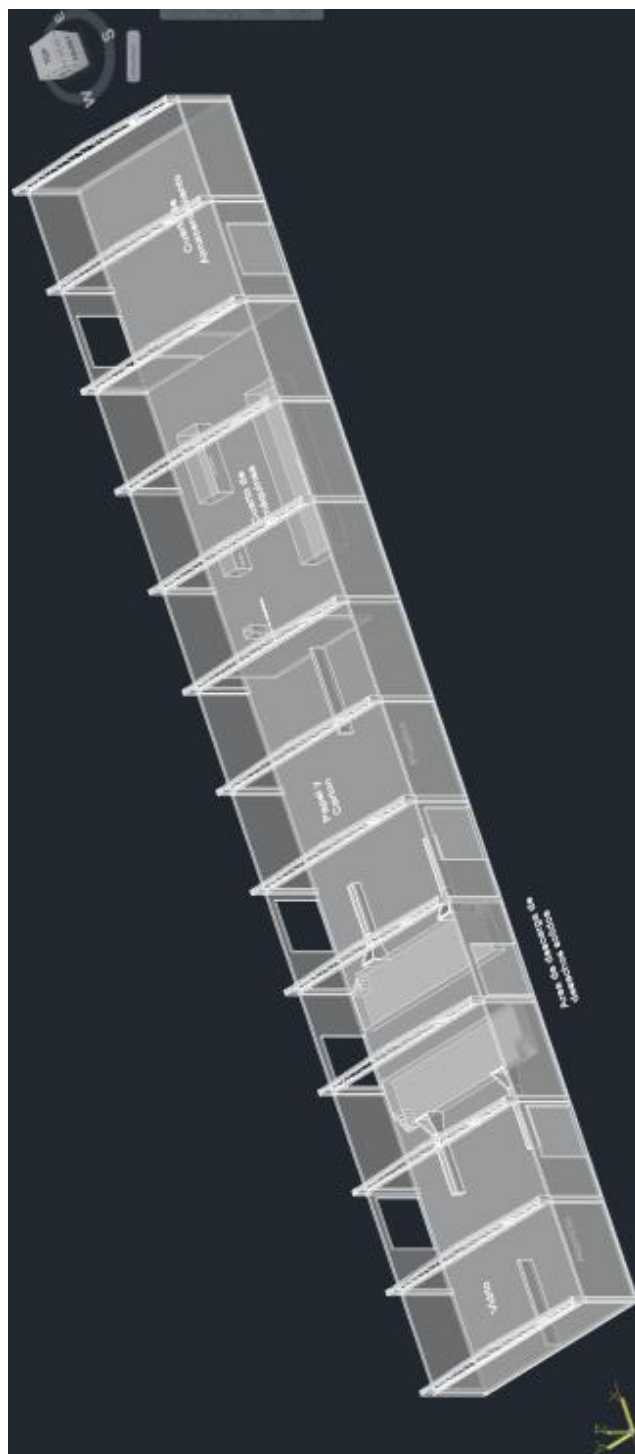
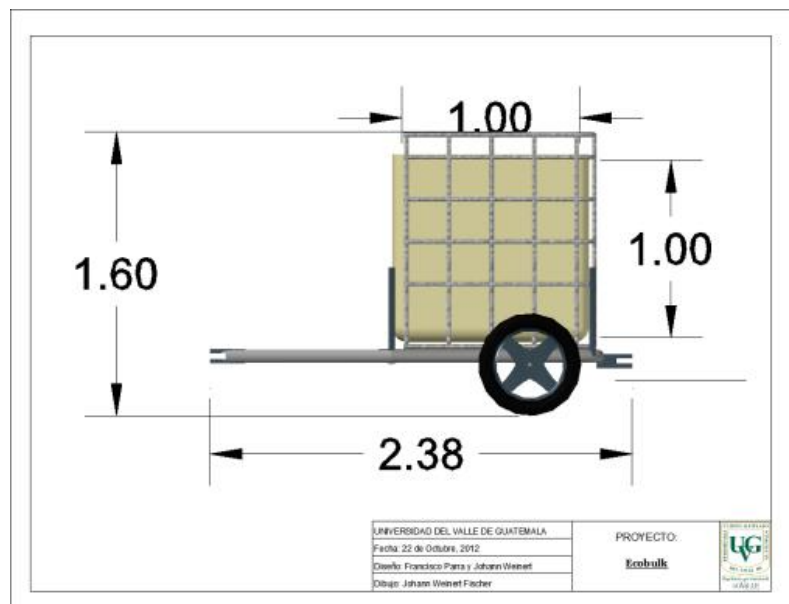
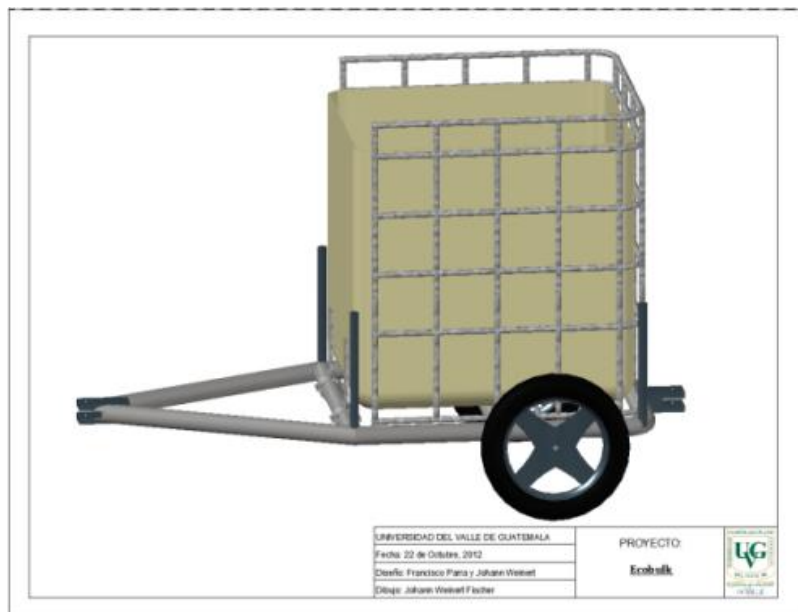


Figura No. 66 *Ecobulk*.

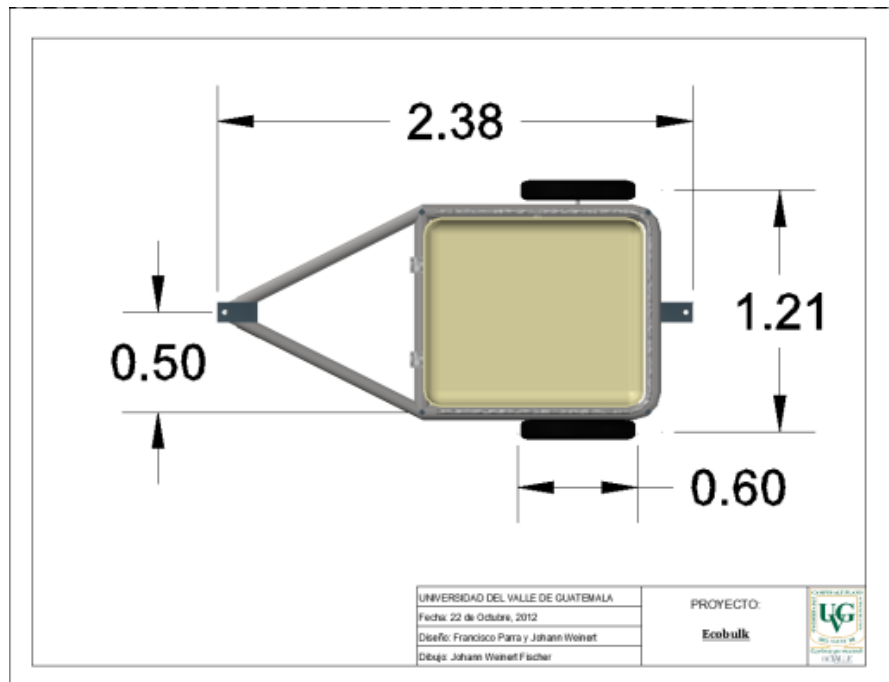


Figura No. 67 Curvas de Nivel del área disponible.



Figura No. 68 Localizacion del centro de acopio.



B. Procedimiento de operación del Centro de Acopio

1. RESPONSABILIDADES

1.1. Comité de Manejo de Desechos (CMD). Evaluar el desempeño de todas las áreas del Ingenio Magdalena, S.A. por periodos (zafra y reparación), y realizar las respectivas llamadas de atención o sanciones a las áreas que no cumplan con el Programa de Manejo de Desechos.

1.2. Gerencia de Comunicación & Responsabilidad Social

- Revisar y modificar este procedimiento anualmente, de acuerdo a las necesidades en la operación del Centro de Acopio.
- Asignar un Coordinador del Centro de Acopio, en conjunto con la Jefatura de Biofábrica.
 - Medir los avances y cumplimiento de las metas por área y de todo el Ingenio.
 - Establecer los terceros que constituirán el destino final de los desechos generados dentro del ingenio.

1.3. Jefatura de BioFábrica

- Coordinar este procedimiento para el manejo del Centro de Acopio
- Ser el enlace de comunicación entre la Gerencia de Comunicación & Responsabilidad social con los Encargados de Áreas para discutir problemas emergentes y hacer estudio de factibilidad de las posibles mejoras en el Centro de Acopio y en las distintas áreas que generan desechos.

1.4. Coordinador del Centro de Acopio (CCA)

- Implementar y controlar este procedimiento en el Centro de Acopio.
- Coordinar el transporte de los desechos desde sus respectivas áreas hasta el Centro de Acopio.
- Coordinar la entrega de desechos a terceros.

- Entregar reportes mensuales a la Gerencia de Comunicación & Responsabilidad Social de la recolección de desechos y su respectiva disposición final.

2. DESARROLLO

2.1. Proceso de recolecta

2.1.1. Cobertura. Las áreas que debe cubrir la recolección de desechos sólidos son:

- 400
- Casas de la Montañita
- Comedor de Torre de Caña
- Cooperativa
- Garita 590
- Garita de la Montañita
- Hotel
- Laboratorio de azúcar
- La Cuadra
- Mag Alcoholes
- Nuevo Parqueo de Fábrica
- Parqueo del Hotel
- Torre de Caña

Este proceso se realiza utilizando un camión con un área de carga de 7 metros de largo, 2.44 metros de ancho y 2.59 metros de alto, el área de carga está dividida en tres partes, designado para esta tarea. Éste tiene un acople especial en la parte trasera para poder enganchar y movilizar las carretas para desechos orgánicos. El camión pasa por cada área del ingenio. Para el caso de las áreas que se de encuentren alejadas del ingenio (campo, otros talleres, módulos periféricos, escuelas) se construirán centros de acopio auxiliares que cubran esos sectores.

Las áreas Fábrica y Magrisa deben enviar sus desechos sólidos en transporte propio, el cual debe tener dimensiones menores o iguales a las máximas permitidas para poder ingresar al Centro de Acopio. Estos desechos se deben entregar clasificados y separados por tipo de desecho.

2.1.2. Rutas. La ruta que se debe seguir para la recolección de desechos se especifica en el documento DO-GCA-GCA-XXX: Rutas de Recolección de Desechos Sólidos, en donde se detalla el orden que debe seguir el camión recolector para recolectar los desechos de las diferentes áreas, la hora recolección en cada área y la periodicidad del recorrido.

Se deberá destinar la primera media hora de jornada laboral a darle mantenimiento al camión recolector. El camión recolector debe pasar diariamente por todas las áreas del ingenio. Se deberá realizar un segundo recorrido siguiendo en el mismo orden iniciando a las 2 pm. La ruta de recolección con sus respectivos horarios se detalle como sigue:

Tabla No. 75: Horarios de rutas de recolección.

Origen	Destino	Hora Llegada Recorrido 1	Hora Llegada Recorrido 2
Obra Civil	Obra Civil	07:30	14:30
Obra Civil	Cooperativa	07:40	14:40
Cooperativa	Torre de Caña	07:50	14:50
Torre de Caña	Hotel La Montañita	08:00	15:00
Hotel La Montañita	Seguridad La Cuadra	08:10	15:10
Seguridad La Cuadra	Magalcoholes	08:20	15:20
Magalcoholes	Of Administrativas 400	08:30	15:30
Of Administrativas 400	Cocina industrial/Módulo San Patricio	08:40	15:40
Cocina industrial/Módulo San Patricio	Biofábrica	09:10	16:10
Biofábrica	Centro de Acopio	09:20	16:20

Después de realizado el proceso de descarga en el centro de acopio el camión deberá dirigirse a obra civil para su respectivo mantenimiento.

2.1.3. Recolección. Los recolectores internos depositan los desechos de todas las baterías del área en un contenedor o espacio designado; la ruta del camión se limita a estos puntos de acumulación de desechos. Los recolectores externos recogen las bolsas y las trasladan al camión, respetando la clasificación de desechos dentro del camión, y toda bolsa que no esté debidamente identificada se incluirá en el cargamento de desechos no clasificados.

La ruta debe de incluir las cocinas dentro del ingenio y el camión pasará intercambiando la carreta de orgánicos llena con las vacías que se encuentran en el área de compostaje del Centro de Acopio.

2.1.4. Descarga. Los desechos llegan en bolsas plásticas identificadas dentro del camión a la plataforma de pesaje del Centro de Acopio. El camión abre su compuerta y se colocan las bolsas en la plataforma.

Las carretas con orgánicos no se descargan en el CA, éstas se descargan en el área de compostaje, en donde el personal de este proceso se encarga del manejo de estos desechos. Luego de cada descarga lavan las carretas para que estén disponibles en la próxima recolección.

2.2. Proceso de Reclasificación

2.2.1. Categorías de clasificación. Los desechos de Magdalena se deben clasificar dentro del Centro de Acopio en las siguientes categorías indicadas, codificadas numéricamente de acuerdo a la sección 8.3 del PR-GCA-GCA-XX1: Procedimiento General de Baterías y Contenedores, ninguna de las categorías se puede mezclar a menos que se indique lo contrario. Las únicas dos categorías con clasificaciones adicionales serán Plásticos y Chatarra.

Los plásticos se separarán en 5 categorías adicionales, de acuerdo al material del que están hechos. Cada material se puede reconocer por el número colocado dentro del símbolo de reciclaje (tal como lo indican las imágenes).

La chatarra se separará en tres categorías adicionales, de acuerdo al material del que estén hechos, en la categoría de “Chatarra no clasificada” se encuentra el material que no se puede incluir en las primeras dos categorías.

- a) Eléctricos y electrónicos
- b) Papel y cartón
- c) Plástico

Tabla No. 76: Clasificaciones en las que se separarán los plásticos.

 PET (polietilentereftalato)	 Polietileno de Alta Densidad	 Polietileno de Baja Densidad
 Polipropileno	 Poliestireno	

- d) Vidrio
- e) No clasificado
- f) Chatarra
 - Cobre
 - Aluminio (incluyendo latas de este material)
 - Chatarra no clasificada

2.2.2. Pesaje. Inicialmente se debe llenar el registro RE-GCA-GCA-XXX: Registro de Ingreso de Desechos al Centro de Acopio con la fecha, información del transporte y horario.

Las bolsas que contienen los desechos están codificadas acorde al área, batería y clasificación a la que pertenecen. Cada bolsa se pesa, luego se llena el registro (indicado anteriormente) para documentar el origen y la cantidad de desecho generada en esa área. Este registro se debe llenar con la codificación adecuada, de acuerdo al PR-GCA-GCA-XX1: Procedimiento General de Baterías y Contenedores.

2.2.3. Reclasificación. El personal del Centro de Acopio debe asegurar que cada área contenga únicamente los desechos correspondientes a cada categoría. De la tarima (parte donde se descargan los desechos), se llevan las bolsas pertenecientes a una categoría a la banda de reclasificación, en donde debe haber al menos una persona para reclasificar los desechos. Seguidamente se vacían las bolsas en la banda de reclasificación (para poder visualizarlas con anterioridad, en caso existan objetos punzocortantes) y se extraen los desechos que no pertenecen a la categoría; cada desecho ajeno a la clasificación se debe colocar en un recipiente, para luego conducirlo a su área de almacenaje provisional correspondiente. Este proceso se realiza manualmente, y cada individuo debe utilizar un par de guantes protectores de látex y una mascarilla al realizarlo.

Se hace una reclasificación de todas las bolsas a excepción de los desechos higiénicos (bolsas blancas), las cuales se conducen directamente al relleno sanitario.

Los desechos de alto riesgo no se manejan en el Centro de Acopio. La presencia de una bolsa llena parcial o totalmente con este tipo de desechos se debe notificar al Coordinador del Centro de Acopio y se debe llenar el registro RE-GCA-GCA-XXX: Registro de Presencia de Desechos de Alto Riesgo en el Centro de Acopio, quien reportará el suceso a la Gerencia de Comunicación & Responsabilidad Social el mismo día.

2.2.4. Posicionamiento. Cada clasificación se colocará de acuerdo al DO-GCA-GCA-XXX: Plano de Áreas del Centro de Acopio.

2.3. Disposición Final

2.3.1. Eléctricos y electrónicos, papel y cartón, plásticos, vidrio y chatarra. La disposición final de estas categorías de desechos se realizará por medio de terceros. Cada vez que las empresas encargadas de esta tarea se presenten en el Centro de Acopio y obtengan desechos, se debe llenar el registro RE-GCA-GCA-XXX: Registro de Entrega de Desechos Sólidos a Terceros.

2.3.2. Desechos no clasificados. Luego que el CCA determine si alguno de los desechos tiene una aplicación para su reúso en el ingenio, la disposición final de los demás desechos no clasificados sin utilidad se realizará en el relleno sanitario de IMSA.

2.4. Mantenimiento

2.4.1. Balanza. Para asegurar que la balanza tipo “romana” a utilizar de los resultados con exactitud, ésta debe ser calibrada de acuerdo a las especificaciones del fabricante. El procedimiento de calibración, la frecuencia y los cuidados especiales se pueden encontrar en el manual de la romana, dicho manual debe estar disponible en el Centro de Acopio para las personas encargadas de pesar.

2.4.2. Instalaciones generales. Los desechos se deben almacenar en áreas limpias y secas, colocados de tal manera que no obstaculicen el paso del personal del Centro de Acopio y no se consideren como riesgos potenciales por su almacenamiento en alto.

Cada vez que ocurra un derrame (exceptuando la banda de reclasificación) se debe limpiar, teniendo especial cuidado en el área de papel y cartón para no contaminar los desechos.

La banda de reclasificación se debe limpiar y secar después de la reclasificación de cada categoría de desecho, es decir, no se puede realizar la reclasificación de dos materiales diferentes sin limpiar la banda con anterioridad.

3. Registro de presencia de desechos de alto riesgo en el Centro de Acopio

Fecha: ____/____/____	Encargado:
--------------------------	------------

Ejecución: Anotar la hora en la que se halló el desecho de alto riesgo, el código de la bolsa en el que se halló o si no es posible determinarlo, se debe anotar el área de procedencia de los desechos que se encontraban en proceso de reclasificación. Realizar una descripción del tipo, cantidad y características del desecho.

Hora	Código de batería	Área de procedencia	Descripción

Firma del coordinador del Centro de Acopio: _____

D. Transporte y rutas de recolección

En cada una de las siguientes ilustraciones se puede identificar la ubicación propuesta para cada contenedor por medio de un rectángulo naranja.

1. Seguridad la Cuadra

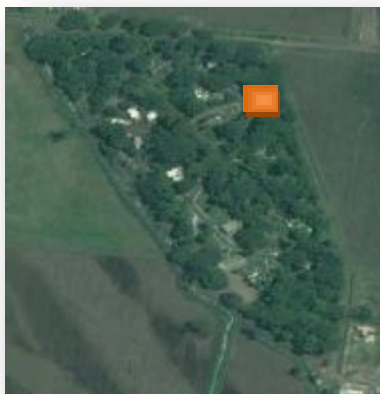
Figura No. 69 Ubicación propuesta para Contenedor en Seguridad “La Cuadra”.



Fuente: earth.google.com/

2. Hotel La Montañita

Figura No. 70 Ubicación propuesta para contenedor en Hotel La Montañita.



Fuente: earth.google.com/

3. Cooperativa

Figura No. 71 Ubicación propuesta de contenedor en cooperativa.



Fuente: earth.google.com/

4. Cocina industrial

Figura No. 72 Ubicación propuesta contenedor Cocina Industrial.



Fuente: earth.google.com/

5. Biofábrica

Figura No. 73 Ubicación propuesta de contenedor en Biofábrica.



Cálculo de tiempos predeterminados recolección de Desechos Sólidos

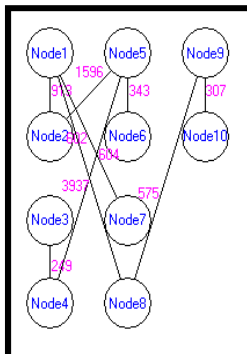
Tabla No. 77: Tiempo de recolección de baterías.

MOVIMIENTO	ÍNDICE	TMU
Bajar	A-16	16
8-10 pasos	A-16	16
Doblarse	B-6	12
Recoletar	G-3	6
Tomar	G-3	6
Levantarse	B-6	12
Inspeccionar	T-1	2
Asegurar	G-3	6
Marcar	R-1	2
8-10 pasos	A-16	16
Posicionar	A-16	32
8-10 pasos	A-16	16
Doblarse	B-6	12
Recoletar	G-3	6
Tomar	G-3	6
Levantarse	B-6	12
Inspeccionar	T-1	2
Asegurar	G-3	6
Marcar	R-1	2
8-10 pasos	A-16	16
Posicionar	A-16	32
3-4 pasos	A-6	6
Trepar	A-16	16
Total		258

Tabla No. 78: Tiempo de recolección de contenedor.

TIPO DE DESECHO	MOVIMIENTO	INDICE	TMU
Papel/Cartón	Bajar	A-16	16
	8-10 pasos	A-16	16
	Doblarse	B-6	6
	Tomar	G-3	6
	Levantarse	B-6	6
	Inspeccionar	T-1	2
	Asegurar	G-3	6
	Marcar	R-1	2
	8-10 pasos	A-16	16
	Posición	A-16	32
Plástico/Latas	8-10 pasos	A-16	16
	Doblarse	B-6	6
	Tomar	G-3	6
	Levantarse	B-6	6
	Inspeccionar	T-1	2
	Asegurar	G-3	6
	Marcar	R-1	2
	8-10 pasos	A-16	16
	Posición	A-16	32
Orgánico	8-10 pasos	A-16	16
	Doblarse	B-6	6
	Tomar	G-3	6
	Levantarse	B-6	6
	Inspeccionar	T-1	2
	Asegurar	G-3	6
	Marcar	R-1	2
	8-10 pasos	A-16	16
	Posición	A-16	32
No clasificados	8-10 pasos	A-16	16
	Doblarse	B-6	6
	Tomar	G-3	6
	Levantarse	B-6	6
	Inspeccionar	T-1	2
	Asegurar	G-3	6
	Marcar	R-1	2
	8-10 pasos	A-16	16
	Posición	A-16	32
Camión	3-4 pasos	A-6	6
Camión	Trepar	A-16	16

Figura No. 74 Resultados herramienta WinQSB ruta de recolección.



E. Análisis económico de transporte y rutas de recolección

1. Inversión Inicial.

Tabla No. 79: Costos de inversión.

Inversión Inicial	Costo
Fabricación e instalación de contenedores	Q6,555.00
Adaptación de vehículo recolector	Q3,915.00

2. Análisis de costos anuales

Tabla No. 80: Costo del equipo de seguridad en Quetzales.

	Precio (Q)	Unidades	Precio unitario (Q)	Al año	Total
Faja lumbar	214.02	1	214.02	3	642.06
Guantes	140.94	1	140.94	6	845.64
Mascarilla	60	50	1.2	132	158.4
				TOTAL	1646.1

3. Ahorros Anuales

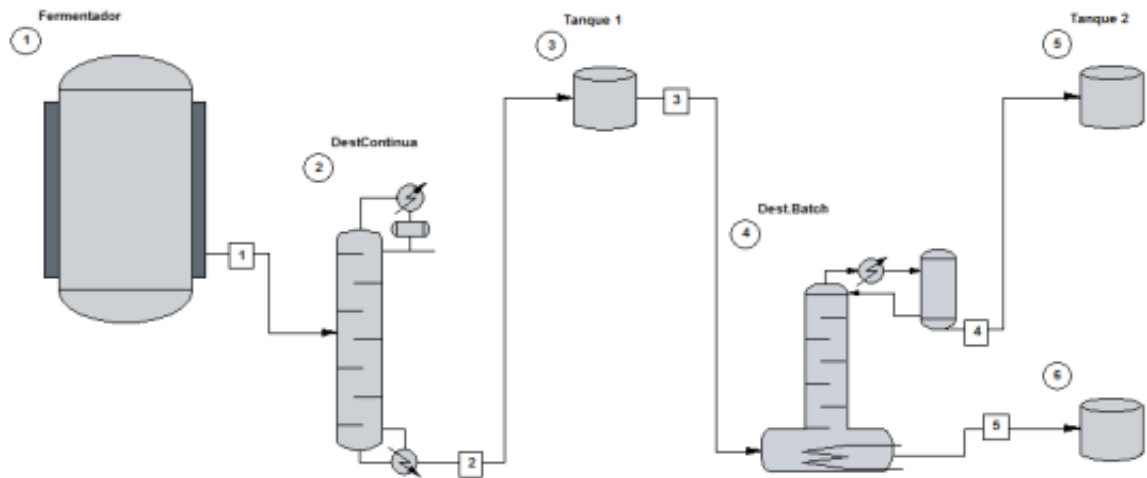
Tabla No. 81: Ahorros anuales de propuesta en método de recolección.

Aspecto	Ahorro anual
Mano de obra	Q. 23,518.08
Consumo de Diesel	Q. 2,453.92

XVII. APÉNDICE E: ACEITES DE FUSEL

A. Diagramas y esquemas

Figura No. 75 Diagrama de Flujo del Proceso.



No.	Proceso	Flujo
1	Fermentación	Mezcla etanol y demás componentes.
2	Destilación	Etanol y aceites de fusel por colas
3	Tanque	Se recolectan los aceites de fusel (materia prima)
4	Destilación Discontinua (propuesta)	Se separan las fracciones de isobutanol e isopentanol.
5	Tanque 6	Se almacena el isopentanol
6	Tanque 5	Se almacena el isobutanol.

Figura No. 76 Esquema de la disposición de los equipos primordiales en el proceso.

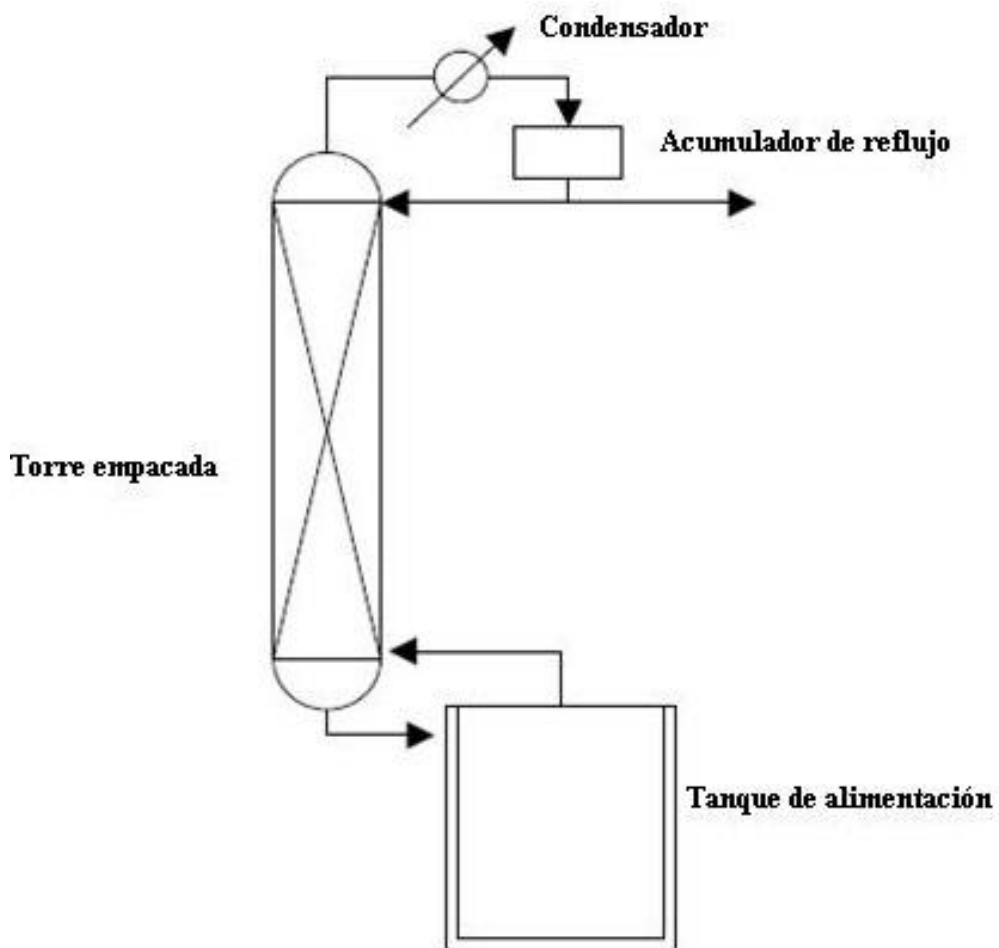
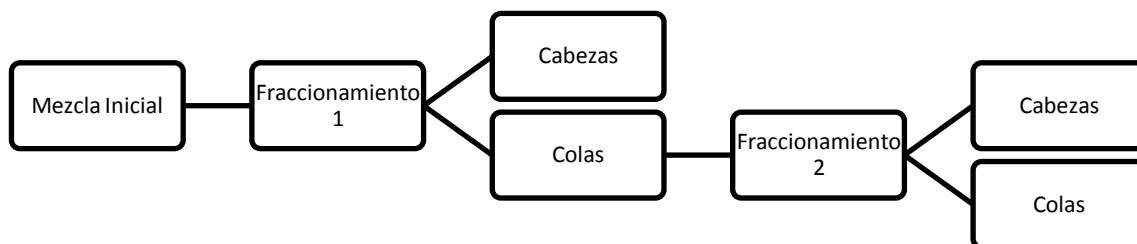
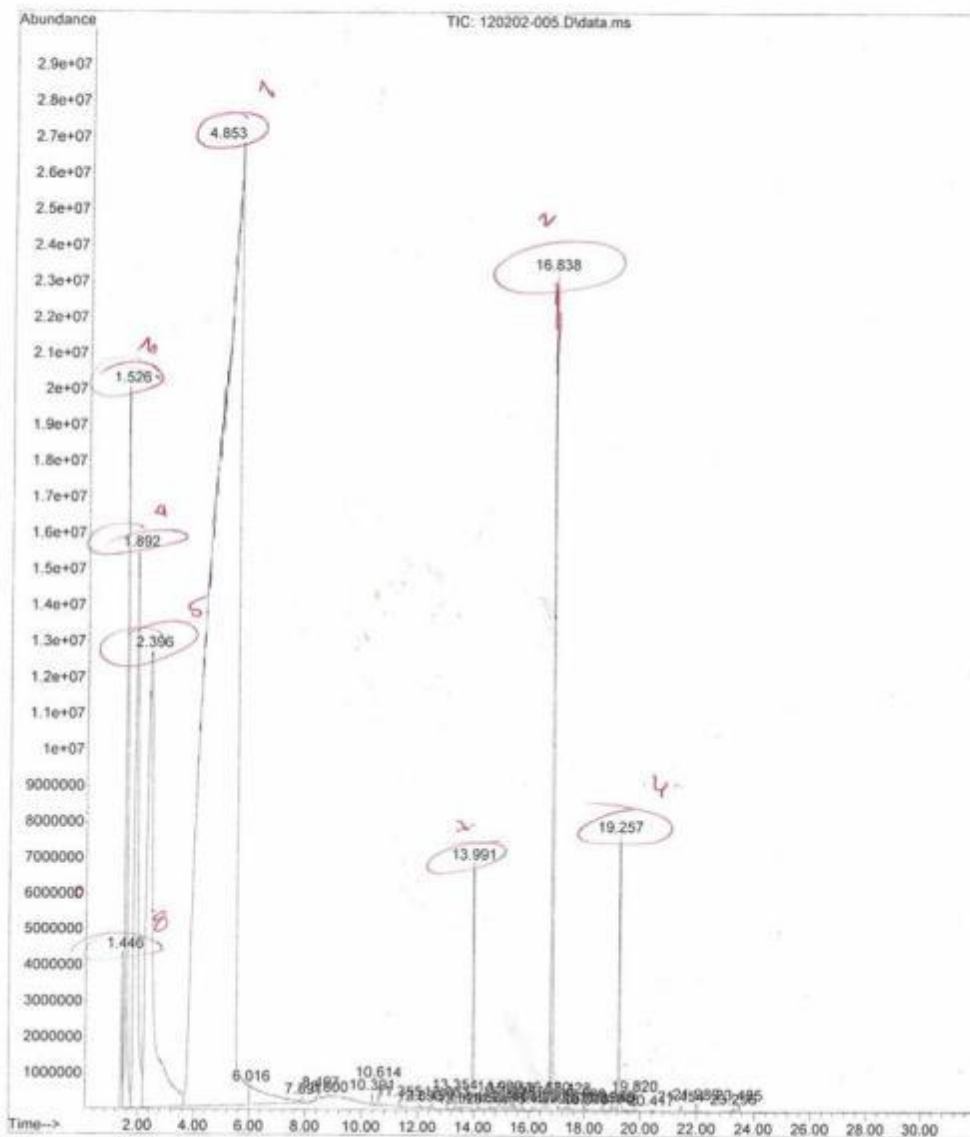


Figura No. 77 Diagrama de bloques del proceso de destilación propuesto.



B. Resultados Cromatografía HPLC

File : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\Ac fusel\120202-005.D
Operator : AdeM
Acquired : 2 Feb 2012 13:10 using AcqMethod CONGENERICOS SCAN 2.M
Instrument : GC-MSD
Sample Name: Ac. fusel 1-3
Misc Info : Ac. fusel 1-3 MeOH
Vial Number: 1



LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\Ac fusel\
 Data File : 120202-005.D
 Title :
 Acq On : 2 Feb 2012 13:10
 Operator : AdeM
 Sample : Ac. fusel 1-3
 Misc : Ac. fusel 1-3 MeOH
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
1	1.447	0.91	C:\Database\NIST05a.L			
			Ammonia	6	007664-41-7	2
			Water	7	007732-18-5	1
2	1.525	4.07	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl alcohol	95	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	94	000064-17-5	91
			Ethyl alcohol	93	000064-17-5	87
3	1.893	6.03	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Propanol	285	000071-23-8	91
			1-Propanol	284	000071-23-8	91
			1-Propanol	282	000071-23-8	91
4	2.398	9.77	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Propanol, 2-methyl-	836	000078-83-1	95
			1-Propanol, 2-methyl-	840	000078-83-1	90
			1-Propanol, 2-methyl-	839	000078-83-1	81
5	4.854	72.55	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Butanol, 3-methyl-	2084	000123-51-3	86
			1-Butanol, 3-methyl-	2079	000123-51-3	83
			1-Butanol, 3-methyl-, formate	7933	000110-45-2	78
6	6.014	1.07	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Butanol, 3-methyl-	2084	000123-51-3	78
			1-Butanol, 3-methyl-	2079	000123-51-3	72
			1-Butanol, 3-methyl-	2085	000123-51-3	64
7	7.893	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Butanol, 3-methyl-, formate	7935	000110-45-2	78
			1-Pentanol	2057	000071-41-0	72
			Pentane, 2-chloro-	4890	000625-29-6	59
8	8.498	0.06	C:\Database\NIST05a.L			
			Butane, 1-(1-methylethoxy)-	8162	001860-27-1	40
			3-Aminopyrrolidine	1590	079286-79-6	35
			Oxirane, [(1-methylethoxy)methyl]-	7965	004016-14-2	32
9	8.798	0.02	C:\Database\NIST05a.L			
			1-Hexanol	4313	000111-27-3	53
			Cyclobutane, butyl-	6481	013152-44-8	50
			1-Pentanol, 4-methyl-	4342	000626-89-1	50
10	10.390	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Buten-2-ol, 3-methyl-	1748	010473-14-0	35
			2,4-Diacetoxypentane	49022	007371-86-0	27
			Butane, 1-(1-methylethoxy)-	8162	001860-27-1	22
11	10.613	0.09	C:\Database\NIST05a.L			
			2-Methyl-5-methoxy-4H-pyran-4-one	17717	006266-91-7	40
			4-Pyridinol	2604	000626-64-2	38
			1,4-Pentadiene, 2,3,4-trimethyl-	5867	072014-90-5	35

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\Ac fusel\
 Data File : 120202-005.D
 Title :
 Acq On : 2 Feb 2012 13:10
 Operator : AdeM
 Sample : Ac. fusel 1-3
 Misc : Ac. fusel 1-3 MeOH
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
12	11.354	0.02	C:\Database\NIST05a.L 1,4-Dioxane, 2-ethyl-5-methyl- 1,3-Dioxane, 4-methyl- Butane, 1,1'-oxybis[3-methyl-	13067 4161 28402	053907-91-8 001120-97-4 000544-01-4	43 27 25
13	12.091	0.01	C:\Database\NIST05a.L Pyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethyl- Pyrazine, 3-ethyl-2,5-dimethyl- Pyrazine, 2-ethyl-3,5-dimethyl-	15696 15702 15697	013360-65-1 013360-65-1 013925-07-0	96 90 81
14	12.501	0.03	C:\Database\NIST05a.L 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl- Propanoic acid, 2-methyl-, 3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester, (E)-	25636 25643 74356	000078-70-6 000078-70-6 002345-26-8	58 58 43
15	13.065	0.02	C:\Database\NIST05a.L 1,3-Dioxane, 4,4-dimethyl- 3,3-Dimethyl-2,4-pentane dione 2-Pentanone, 3-ethyl-	7911 11870 7304	000766-15-4 003142-58-3 006137-03-7	50 42 42
16	13.356	0.06	C:\Database\NIST05a.L Benzene, 1-ethenyl-4-methoxy- Benzene, 1-ethenyl-4-methoxy- Benzene, 1-ethenyl-4-methoxy-	14848 14839 14849	000637-69-4 000637-69-4 000637-69-4	95 94 94
17	13.529	0.02	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, phenylmethyl ester Acetic acid, phenylmethyl ester Acetic acid, phenylmethyl ester	23493 23495 23494	000140-11-4 000140-11-4 000140-11-4	86 38 25
18	13.993	0.65	C:\Database\NIST05a.L Octanoic acid, ethyl ester Nonanoic acid, ethyl ester Undecanoic acid, ethyl ester	37529 47229 67161	000106-32-1 000123-29-5 000627-90-7	87 59 59
19	14.179	0.02	C:\Database\NIST05a.L Acetic acid, trichloro-, octyl ester Dichloroacetic acid, nonyl ester Pentafluoropropionic acid, nonyl ester	107697 94277 118032	016958-78-4 083004-99-3 1000283-03-6	38 35 35
20	14.566	0.02	C:\Database\NIST05a.L 3-Hydroxypyridine monoacetate 2-Furancarboxylic acid, pentadecyl ester 2-Furancarboxylic acid, 1-methyl ester	16111 138051 26309	017747-43-2 220876-47-1 006270-34-4	38 37 37
21	14.752	0.02	C:\Database\NIST05a.L Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methyl ethyl)-, [1S-(1.alpha.,2.alpha.,5.beta.)]-	27195	002216-52-6	49

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\Ac fusel\
 Data File : 120202-005.D
 Title :
 Acq On : 2 Feb 2012 13:10
 Operator : AdeM
 Sample : Ac. fusel 1-3
 Misc : Ac. fusel 1-3 MeOH
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methyl ethyl)-, (1.alpha.,2.alpha.,5.alpha.)-	27192	000491-02-1	47
			Cyclohexanol, 5-methyl-2-(1-methyl ethyl)-, [1S-(1.alpha.,2.beta.,5.beta.eta.)]-	27193	023283-97-8	46
22	14.961	0.10	C:\Database\NIST05a.L			
			2H-1-Benzopyran, 3,5,6,8a-tetrahydro-2,5,5,8a-tetramethyl-, trans-	51334	041678-29-9	90
			3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	51302	014901-07-6	81
			2H-1-Benzopyran, 3,5,6,8a-tetrahydro-2,5,5,8a-tetramethyl-, cis-	51332	041678-30-2	78
23	15.166	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	34022	000118-61-6	94
			Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	34023	000118-61-6	93
			Benzoic acid, 2-hydroxy-, ethyl ester	34019	000118-61-6	87
24	15.357	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			Propyl octanoate	47203	000624-13-5	98
			Propyl octanoate	47205	000624-13-5	68
			Octanoic acid, 2-pentyl ester	67165	055193-30-1	32
25	15.412	0.02	C:\Database\NIST05a.L			
			Nonanoic acid, ethyl ester	47232	000123-29-5	76
			Nonanoic acid, ethyl ester	47231	000123-29-5	74
			Nonanoic acid, ethyl ester	47229	000123-29-5	72
26	15.503	0.02	C:\Database\NIST05a.L			
			2H-1-Benzopyran, 3,4,4a,5,6,8a-hexahydro-2,5,5,8a-tetramethyl-(2.alpha.,4a.alpha.,8a.alpha.)-	52876	063335-66-0	87
			Benzothiazole, 6-methoxy-2-methyl-	42613	002941-72-2	47
			4-Butylbenzoic acid, 2-tridecyl ester	157318	1000299-93-6	42
27	15.767	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			3-Buten-2-one, 4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-	51299	014901-07-6	72
			2H-1-Benzopyran, 3,5,6,8a-tetrahydro-2,5,5,8a-tetramethyl-, trans-	51334	041678-29-9	60
			2-Methyl-5-nitrobenzimidazole	41145	001792-40-1	53
28	16.121	0.01	C:\Database\NIST05a.L			
			n-Caprylic acid isobutyl ester	57101	005461-06-3	86
			n-Caprylic acid isobutyl ester	57102	005461-06-3	86
			n-Caprylic acid isobutyl ester	57099	005461-06-3	83
29	16.226	0.02	C:\Database\NIST05a.L			

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\Ac fusel\
 Data File : 120202-005.D
 Title :
 Acq On : 2 Feb 2012 13:10
 Operator : AdeM
 Sample : Ac. fusel 1-3
 Misc : Ac. fusel 1-3 MeOH
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

Pk#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			Benzenepropanoic acid, ethyl ester	41457	002021-28-5	98
			Benzenepropanoic acid, ethyl ester	41449	002021-28-5	96
			Benzenepropanoic acid, ethyl ester	41458	002021-28-5	93
30	16.526	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Benzene, cyclopropyl-	8691	000873-49-4	72
			3-Phenyl-1-propanol, acetate	41417	000122-72-5	64
			Benzene, 2-propenyl-	8682	000300-57-2	64
31	16.681	0.05	C:\Database\NIST05a.L			
			Ethyl 9-decenoate	55625	067233-91-4	46
			6-Heptenoic acid, ethyl ester	27785	025118-23-4	30
			10-Undecenoic acid, ethyl ester	65781	000692-86-4	27
32	16.840	3.13	C:\Database\NIST05a.L			
			Decanoic acid, ethyl ester	57085	000110-38-3	97
			Decanoic acid, ethyl ester	57077	000110-38-3	96
			Nonanoic acid, ethyl ester	47231	000123-29-5	90
33	17.081	0.03	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 2,7-dimethyl-	27296	000582-16-1	80
			Naphthalene, 1,6-dimethyl-	27315	000575-43-9	60
			Naphthalene, 2,7-dimethyl-	27295	000582-16-1	46
34	17.286	0.01	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 2,7-dimethyl-	27297	000582-16-1	93
			Naphthalene, 2,3-dimethyl-	27283	000581-40-8	91
			Naphthalene, 2,3-dimethyl-	27300	000581-40-8	86
35	17.359	0.02	C:\Database\NIST05a.L			
			3-(2-Isopropyl-5-methylphenyl)-2-methylpropionic acid	71230	005451-67-2	60
			Crotonophenone, 2',5'-dimethyl-	38993	015561-15-6	42
			N-[4-(2,5-Dimethyl-pyrrol-1-yl)-furan-3-yl]-acetamide	70714	1000300-88-8	35
36	17.427	0.04	C:\Database\NIST05a.L			
			Octanoic acid, 3-methylbutyl ester	67180	002035-99-6	86
			Pentanoic acid, 3-methylbutyl ester	37580	002050-09-1	50
			Proline	7533	000147-85-3	49
37	17.982	0.02	C:\Database\NIST05a.L			
			Decanoic acid, propyl ester	67155	030673-60-0	95
			Decanoic acid, propyl ester	67152	030673-60-0	80
			Decanoic acid, propyl ester	67157	030673-60-0	53
38	18.073	0.01	C:\Database\NIST05a.L			
			Pentadecane	66063	000629-62-9	91
			Pentadecane	66066	000629-62-9	60
			Nonadecane	104271	000629-92-5	55
39	18.655	0.01	C:\Database\NIST05a.L			
			Naphthalene, 2-(1-methylethyl)-	36495	002027-17-0	38
			Naphthalene, 2-(1-methylethyl)-	36496	002027-17-0	30

LIQA Library Search Report

Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\Ac fusel\
 Data File : 120202-005.D
 Title :
 Acq On : 2 Feb 2012 13:10
 Operator : AdeM
 Sample : Ac. fusel 1-3
 Misc : Ac. fusel 1-3 MeOH
 ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
 Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
			2-Naphthyl methyl ketone	36421	000093-08-3	30
40	18.955	0.01	C:\Database\NIST05a.L Hex-5-enoic acid, ethyl ester	18994	1000302-89-9	25
			Heptanoic acid, ethyl ester	28915	000106-30-9	22
			Naphthalene, decahydro-	16321	000091-17-8	20
41	19.046	0.02	C:\Database\NIST05a.L 4,8-Dimethylbicyclo[3.3.1]nonane-2,6-dione	42940	139914-54-8	43
			Naphthalene, decahydro-, cis-	16343	000493-01-6	41
			2,6-Dimethylbicyclo[3.2.1]octane	16365	1000215-28-2	38
42	19.146	0.01	C:\Database\NIST05a.L Ethyl 9-decenoate	55625	067233-91-4	46
			Chloromethyl 6-chlorododecanoate	112921	080419-02-9	38
			Octanoic acid, ethyl ester	37537	000106-32-1	27
43	19.255	0.68	C:\Database\NIST05a.L Dodecanoic acid, ethyl ester	77295	000106-33-2	96
			Dodecanoic acid, ethyl ester	77294	000106-33-2	90
			Undecanoic acid, ethyl ester	67159	000627-90-7	87
44	19.819	0.05	C:\Database\NIST05a.L Pentadecanoic acid, 3-methylbutyl ester	86771	002306-91-4	98
			Pentadecanoic acid, 3-methylbutyl ester	86772	002306-91-4	96
			Pentadecanoic acid, 3-methylbutyl ester	86773	002306-91-4	91
45	20.415	0.01	C:\Database\NIST05a.L Heptadecane	85524	000629-78-7	95
			Nonadecane	104271	000629-92-5	76
			Hexadecane	76092	000544-76-3	64
46	21.452	0.02	C:\Database\NIST05a.L Tetradecanoic acid, ethyl ester	96268	000124-06-1	96
			Tetradecanoic acid, ethyl ester	96267	000124-06-1	96
			Tetradecanoic acid, ethyl ester	96266	000124-06-1	86
47	21.989	0.02	C:\Database\NIST05a.L 2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, acetate, (E,E)-	101443	004128-17-0	62
			Propanoic acid, 2,2-dimethyl-, [(E,E)-3,7,11-trimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-yl] ester	128667	1000164-38-8	59
			2,6,10-Dodecatrien-1-ol, 3,7,11-trimethyl-, acetate, (E,E)-	101445	004128-17-0	50
48	23.295	0.01	C:\Database\NIST05a.L Ethyl 9-hexadecenoate	113358	054546-22-4	96
			E-11-Hexadecenoic acid, ethyl ester	113379	1000245-71-9	64
			Ethyl 9-hexadecenoate	113357	054546-22-4	46

LIQA Library Search Report

• • •
Data Path : C:\msdchem\1\DATA\SERVICIO\Ac fusel\
Data File : 120202-005.D
Title :
Acq On : 2 Feb 2012 13:10
Operator : AdeM
Sample : Ac, fusel 1-3
Misc : Ac, fusel 1-3 MeOH
ALS Vial : 1 Sample Multiplier: 1

Search Libraries: C:\Database\NIST05a.L Minimum Quality: 0

Unknown Spectrum: Apex
Integration Events: ChemStation Integrator - events.e

PK#	RT	Area%	Library/ID	Ref#	CAS#	Qual
49	23.486	0.02	C:\Database\NIST05a.L			
			Hexadecanoic acid, ethyl ester	114844	000628-97-7	97
			Hexadecanoic acid, ethyl ester	114848	000628-97-7	93
			Ethyl tridecanoate	86747	028267-29-0	93

C. Cálculo de muestra

1. **Cálculo de las fracciones mol, máscas, volumétricas.** Para estos cálculos se calculan primero los moles, gramos, y volumen total para cada componente de la siguiente manera:

$$Fraccion_máscica = \frac{gramos_componente_i}{\sum_i^N gramos_componente_i}$$

Ecuación No. 9

$$Fraccion_máscica = \frac{146.91g_alcoholamilico}{186.65g_totales} = 0.787$$

$$Fraccion_mol = \frac{moles_componente_i}{\sum_i^N moles_componente_i}$$

Ecuación No. 10

$$Fraccion_mol = \frac{1.67molesalcoholamilico}{2.31moles_totales} = 0.722$$

$$Fraccion_volumen = \frac{volumen_componente_i}{\sum_i^N volumen_componente_i}$$

Ecuación No. 11

$$Fraccion_volumen = \frac{181.38ml}{231.05ml} = 0.785$$

2. Densidad inicial promedio de la muestra

$$\overline{\rho}_F = \sum_{i=1}^N \rho_i \cdot x_{i,F}$$

Ecuación No. 12

Compuesto	Fracción Mol	Densidad (g/mL)	Densidad*Xmol
1-butanol, 3-metil	0.72	0.810	0.586
1-propanol, 2-metil	0.11	0.802	0.092
1-propanol	0.09	0.804	0.069
Alcohol etílico	0.08	0.789	0.060
		Densidad (g/mL)	0.807
		(Kg/m ³)	807.0

3. Peso molecular promedio inicial de la muestra

$$\overline{Pm}_F = \sum_{i=1}^N Pm_i \cdot x_{i,F}$$

Ecuación No. 13

Compuesto	Fracción Mol	Peso molecular (g/mol)	PM*Xmol
1-butanol, 3-metil	0.72	88.15	63.685
1-propanol, 2-metil	0.11	74.12	8.492
1-propanol	0.09	60.09	5.254
Alcohol etílico	0.08	46.06	3.480
		Peso molecular (g/mol)	80.911
		(kg/kmol)	80.911

4. **Cálculo preliminar de la composición en cada fraccionamiento.** Lo primero que se realiza ya que no se tienen las fracciones reales a las que se puede llevar la destilación, se proponen las fracciones máximas o deseadas que se desean obtener con respeto a los moles iniciales.

Fraccionamiento 1	Destilado	Colas
Etanol	99%	1%
Propanol (LK)	95%	5%
Isobutanol (HK)	5%	95%
Isoamílico	1%	99%

Luego de esto se procede de la siguiente manera:

$$moles_{e\ tan\ ol} = \%_{deseado} * moles_{iniciales}$$

Ecuación No. 14

Los moles iniciales para este fraccionamiento son los de la mezcla inicial.

Para el primer fraccionamiento se tiene

$$moles_{e\ tan\ ol_destilado} = 0.99 * 278.819 = 276.031\ moles$$

$$moles_{e\ tan\ ol_colas} = 0.01 * 278.819 = 2.788\ moles$$

Para el segundo fraccionamiento se tiene

Fraccionamiento 2	Destilado	Colas
Etanol	99%	1%
Propanol	99%	1%
Isobutanol (LK)	95%	5%
Isoamílico (HK)	2%	98%

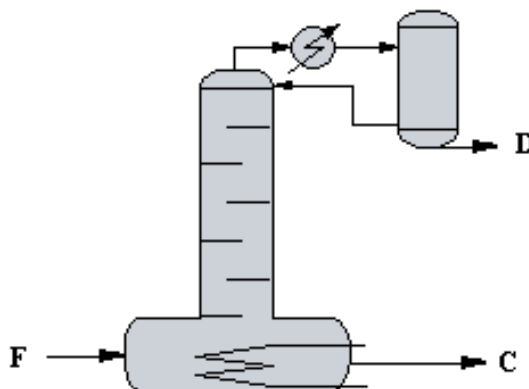
Los moles iniciales para este segundo fraccionamiento serán los moles obtenidos en las colas del primer fraccionamiento.

$$\text{moles}_{\text{etanol_destilado}} = 0.99 * 2.788 \text{ moles} = 2.760 \text{ moles}$$

$$\text{moles}_{\text{etanol_colas}} = 0.01 * 2.788 = 0.028 \text{ moles}$$

Esto se realiza para cada componente del destilado y colas de los dos fraccionamientos.

5. Balance de masa. Teniendo la composición deseada en cada fraccionamiento se procede a realizar el balance de masa de la destilación. Las fracciones se toman en base a los HK y LK de cada fraccionamiento.



Para el primer fraccionamiento se tiene,

$$F = D + C$$

$$x_f F = x_d D + x_c C$$

$$x_f F = x_d (F - C) + x_c C$$

$$x_f F = x_d F - x_d C + x_c C$$

$$x_f F = x_d F + C(x_c - x_d)$$

$$C = \frac{x_f F - x_d F}{x_c - x_d}$$

$$C = \frac{F(x_f - x_d)}{x_c - x_d} = \frac{400.00L(0.087 - 0.486)}{0.005 - 0.486} = 331.68L$$

$$D = F - C = 400.00L - 331.68L = 68.32L$$

El destilado está conformado principalmente por etanol y propanol. Las colas por isobutanol y alcohol isoamílico.

Para el segundo fraccionamiento se tiene,

De la misma manera se obtiene

$$C = \frac{F(x_f - x_d)}{x_c - x_d} = \frac{331.68L(0.863 - 0.117)}{0.992 - 0.117} = 282.57L$$

$$D = F - C = 331.68L - 282.57L = 49.11L$$

El destilado está conformado principalmente por isobutanol. Las colas por alcohol isoamílico.

6. Cálculo de los ingresos

Precio

Isopentanol Isobutanol

Q385.07/L Q376.11/L

Para una carga de 400L como en los cálculos anteriores se tiene,

$$\text{Ingreso} = \text{Ventas} * \text{Cantidad}$$

$$\text{Ingreso}_{\text{isopentanol}} = Q385.07 / L * 282.57L = Q108,809.61$$

$$\text{Ingreso}_{\text{isobutanol}} = Q376.11 / L * 49.11L = Q18,468.92$$

$$\text{Ingreso}_{\text{total}} = Q18,468.92 + Q108,809.61 = Q127,278.53$$

D. Datos calculados

Tabla No. 82: Composición volumétrica, másico y molar, así como sus fracciones.

Área %	Compuesto	Volumen (m ³)	FracciónV/V	Masa (kg)	Fracción másica	Moles	Fracción Mol
72.55%	1-butanol, 3-metil	0.2902	0.785	235.062	0.787	2666.61	0.722
9.77%	1-propanol, 2-metil	0.0391	0.106	31.342	0.105	422.84	0.115
6.03%	1-propanol	0.0241	0.065	19.392	0.065	322.72	0.087
4.07%	Alcohol etílico	0.0163	0.044	12.845	0.043	278.82	0.076

Carga de 0.400 m³ (400 L) de aceites de fusel.

Tabla No. 83: Composición de cabezas y colas para los dos fraccionamientos.

Fraccionamiento 1	Cabezas		Colas	
Componentes	Di(mol)	xi,D	Ci(mol)	xi,C
Etanol	276.031	0.4378	2.788	0.0009
Propanol	306.588	0.4863	16.136	0.0053
Isobutanol	21.140	0.0335	401.660	0.1312
3-metil-1-butanol	26.666	0.0423	2639.948	0.8626
Total	630.425	1.0000	3060.532	1.0000
Fraccionamiento 2	Cabezas		Colas	
Componentes	Di(mol)	xi,D	Ci(mol)	xi,C
Etanol	2.760	0.0061	0.028	0.0000
Propanol	15.975	0.0353	0.161	0.0001
Isobutanol	381.577	0.8421	20.083	0.0077
3-metil-1-butanol	52.799	0.1165	2587.149	0.9922
Total	453.111	1.0000	2607.421	1.0000

Tabla No. 84: Volumen e ingresos proyectados.

Componente	Cantidad (m ³)	Precio en el mercado (Q/L)	Ingresos
Isopentanol	0.283 (282.57 L)	Q385.07	Q108,809.61
Isobutanol	0.049 (49.11 L)	Q376.11	Q18,468.92
Total			Q127,278.53

XVIII. APÉNDICE F: BIOGÁS

A. Diagramas y esquemas

Figura No. 78 Diagrama de flujo del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás.

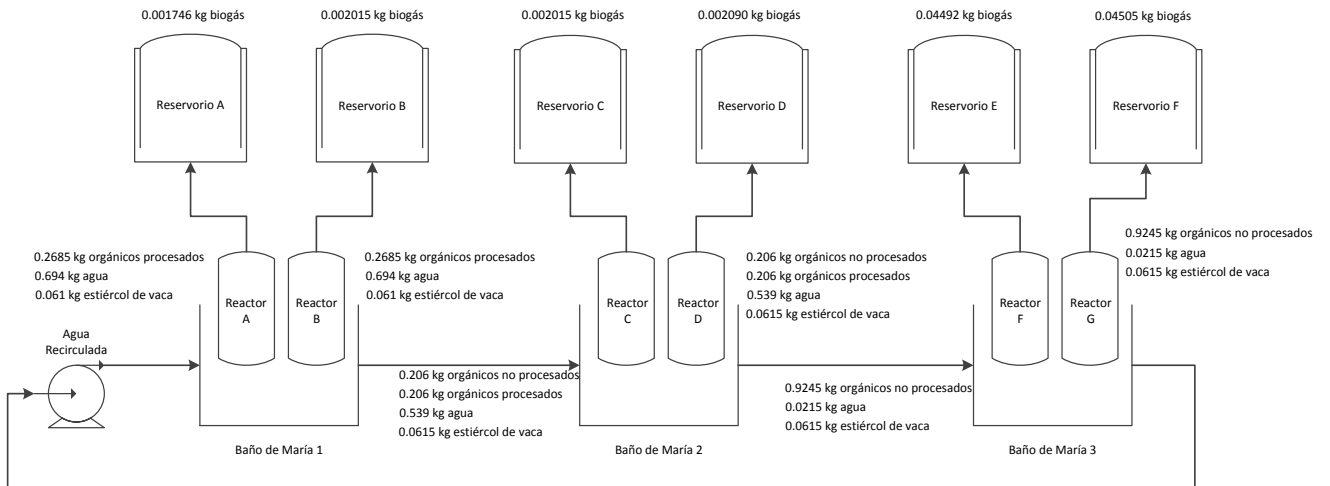


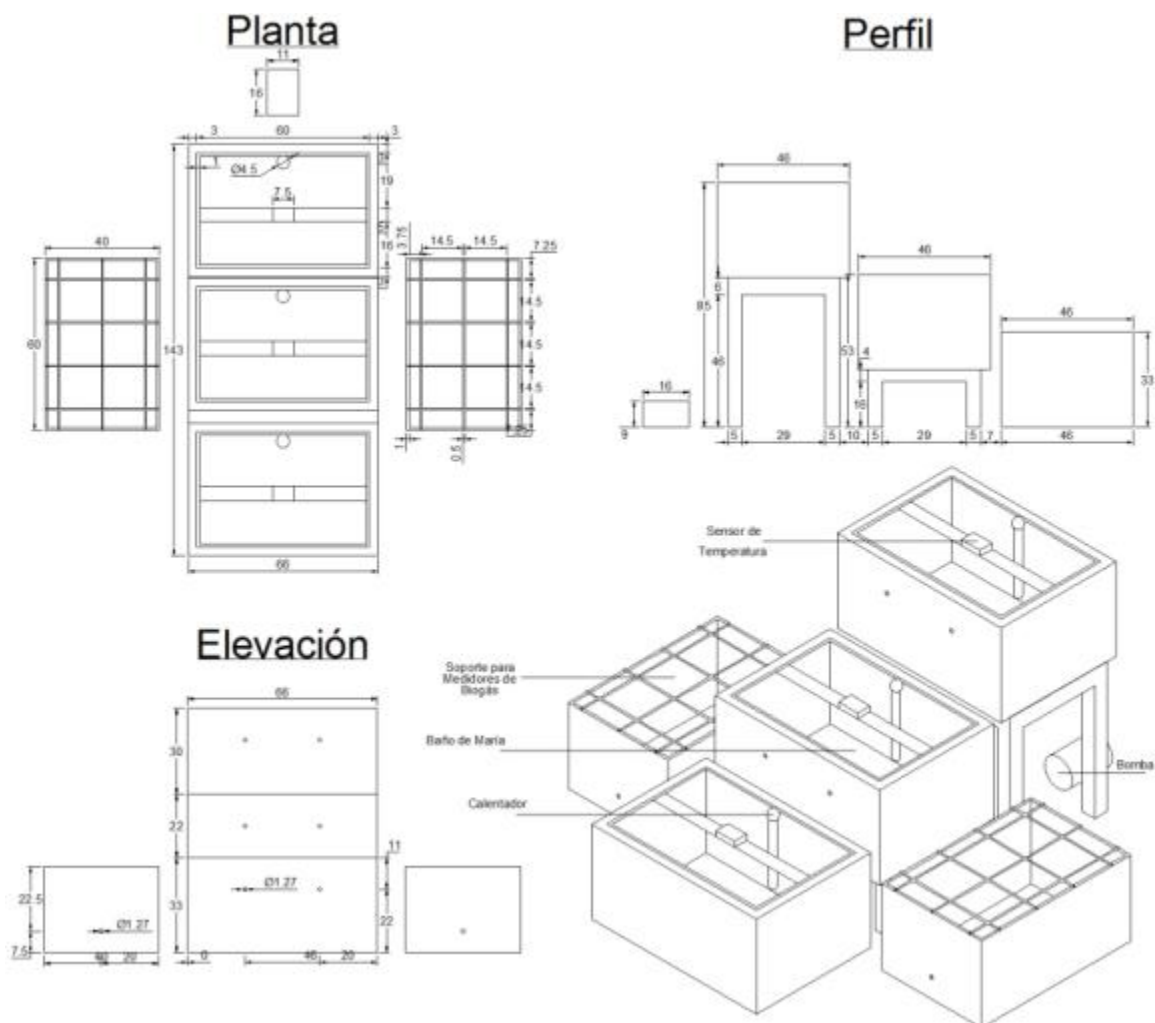
Tabla No. 85: Especificaciones del material, equipo y accesorios utilizados para el diseño y elaboración del sistema de fermentación a nivel laboratorio.

Material/Equipo/ Accesorios	Cantidad	Especificaciones
Cajas multibox	5	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Polietileno de alta densidad - Volumen: 0.0595m^3 - Uso: 1. Baño de maría para reactores, 2. Agua para trampa de biogás
Calentadores sumergibles	3	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Vidrio - Potencia: 200W - Uso: Calentamiento de agua
Bomba	1	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Centrífuga - Potencia: $1.864 \times 10^{-4}\text{W}$ - Capacidad: $3.67(10^{-4})\text{m}^3/\text{s}$ - Uso: Recirculación de agua para agitación
Frascos usados de reactivos	6	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Vidrio - Capacidad: 0.0026m^3 - Volumen efectivo: 0.0021m^3 - Uso: Reactor
Botellas de PET	6	<ul style="list-style-type: none"> - Material: PET - Capacidad: 0.0020m^3 - Calibración: Cada 0.0001m^3 - Uso: Medición de volumen de biogás
Sensor de temperatura	3	<ul style="list-style-type: none"> - Precisión: $0.1\text{ }^\circ\text{C}$ - Tipo: Digital - Uso: Medición de la temperatura del baño de maría
Cajas aislantes	3	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: Poliestireno expandido - Espesor: 0.03m - Uso: Aislante térmico
Estructuras	2	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Hierro negro - Uso: Soportar las cajas multibox con reactores

(Continuación de tabla No. 85)

Material/Equipo/ Accesorios	Cantidad	Especificaciones
Manguera de 3/16"	12m	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Polímero transparente flexible - Diámetro: 0.0047625m - Uso: Conectar reactores a botellas PET
Manguera de 3/4"	3m	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Polímero transparente flexible - Diámetro: 0.01905m - Uso: Circular agua de una caja multibox a otra
Adaptadores macho de 1/2"	5	<ul style="list-style-type: none"> - Material: PVC - Diámetro: 0.0127m - Uso: Conectar manguera de 3/4" a cajas
Adaptadores hembra de 1/2"	5	<ul style="list-style-type: none"> - Material: PVC - Diámetro: 0.0127m - Uso: Conectar manguera de 3/4" a cajas
Electromalla	2	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Cobre - Diámetro: 0.005m - Largo: 0.60m - Ancho: 0.40m - Uso: Sostener botellas PET
Alambre de amarre	6m	<ul style="list-style-type: none"> - Material: Acero - Uso: Amarrar botellas PET a electromalla
Tapones	6	<ul style="list-style-type: none"> - Material: hule - Número: 6 - Tipo: Horadados - Uso: Cerrar herméticamente los tapones

Figura No. 79 Esquema del sistema a nivel laboratorio para la producción de biogás.



* Dimensiones en centímetros

Figura No. 80 Diagrama de flujo de la planta piloto para la producción de biogás.

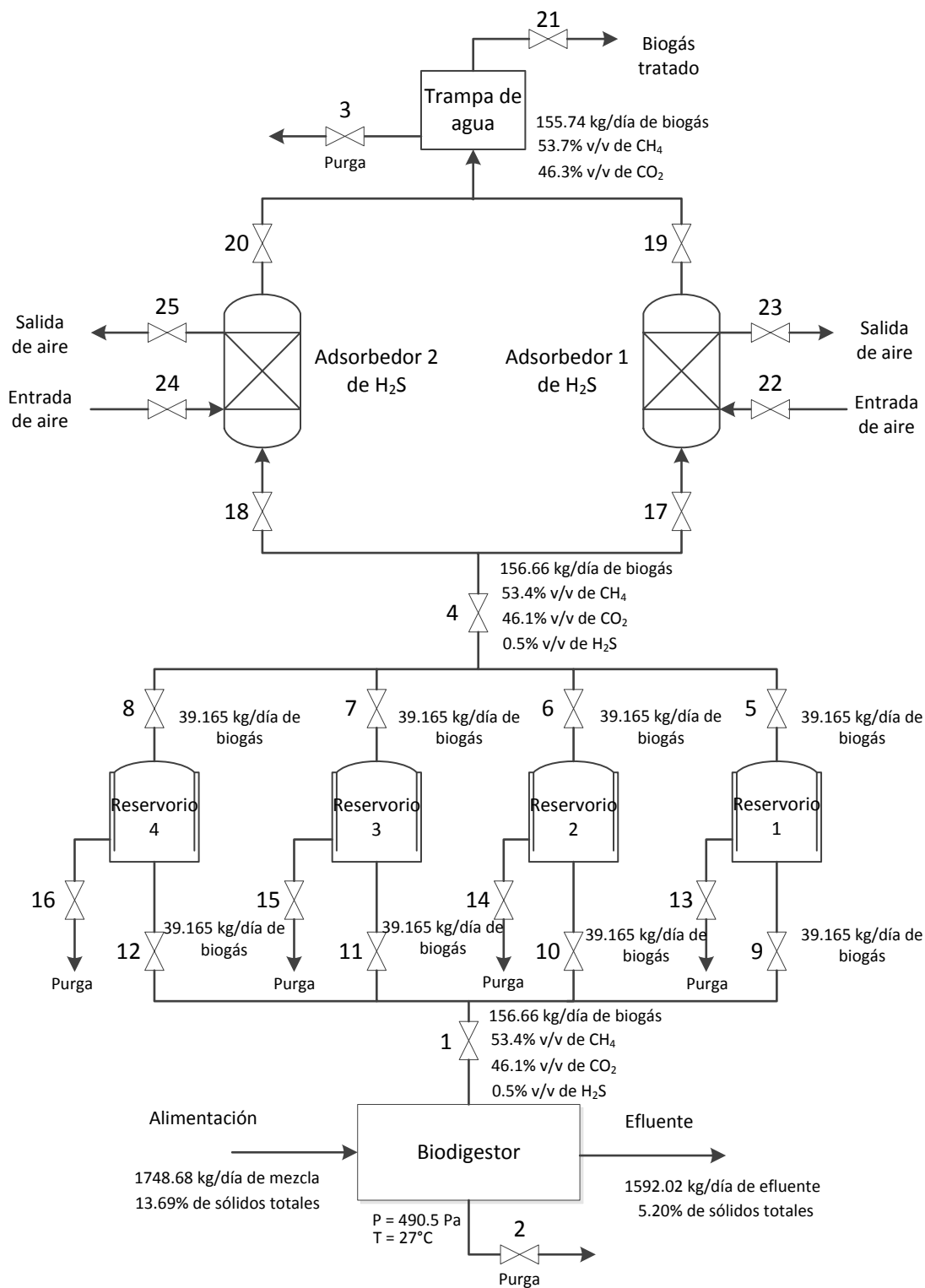


Tabla No. 86: Especificaciones del equipo de la planta piloto para producir biogás.

Equipo	Especificaciones
Tanque de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: Ladrillo común - Volumen: 0.92m³ - Frecuencia de carga: Dos veces por día - Uso: Ingreso de sustrato
Tanque de efluente	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: Ladrillo común - Volumen: 1.67m³ - Frecuencia de descarga: Dos veces por día - Uso: Descarga de sustrato reaccionado
Biodigestor	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: Ladrillo común - Volumen: 75.56m³ - Presión manométrica: 490.5Pa - Temperatura: 27°C - Frecuencia de carga: Dos veces por día - Uso: Fermentación anaeróbica de desechos
Reservorios 1, 2, 3, y 4	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción de la bolsa: Película de polietileno de alta densidad - Material de construcción del tanque: Acero - Material de construcción del contrapeso: Concreto - Masa del contrapeso: 301.2kg - Volumen: 11.64m³ - Uso: Almacenamiento de biogás
Adsorbedores 1 y 2	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.2794m - Altura del empaque: 3.05m - Altura del adsorbedor: 3.66m - Material de empaque: Viruta de hierro oxidada - Uso: Remoción de H₂S del biogás

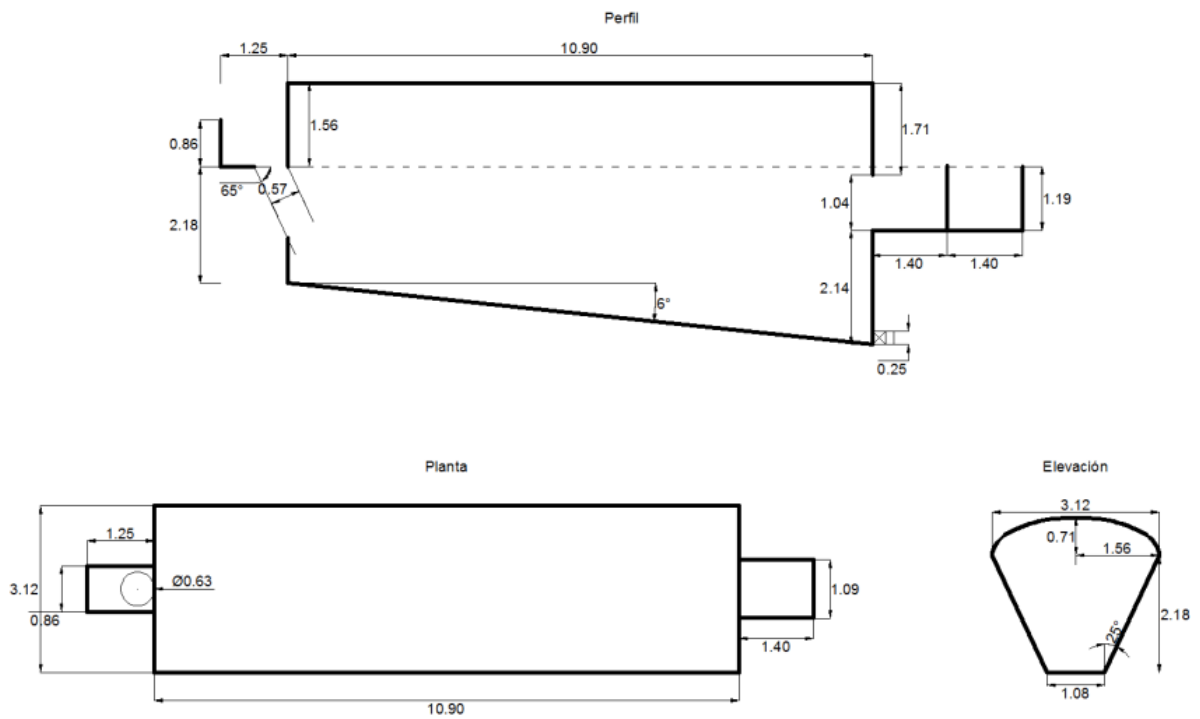
Tabla No. 87: Especificaciones de válvulas de la planta piloto.

No. de válvula	Especificaciones
1	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de salida de biogás del digestor
2	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.254m - Tipo: De bola - Uso: Purga de sólidos del digestor
3	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.0254m - Tipo: De bola - Uso: Purga en la trampa de agua
4	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de entrada de biogás a los adsorbedores
5 – 8	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de salida de biogás de los reservorios 1 – 4
9 – 12	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de entrada de biogás a los reservorios 1 – 4
13 – 16	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Purga de condensados de los reservorios 1 – 4

(Continuación de tabla No. 87)

No. de válvula	Especificaciones
17 – 18	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de entrada de biogás de los adsorbedores
19 – 20	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de salida de biogás de los adsorbedores
21	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de salida de biogás tratado del sistema
22 y 24	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de entrada de aire para regeneración de los adsorbedores
23 y 25	<ul style="list-style-type: none"> - Material de construcción: PVC - Diámetro: 0.03175m - Tipo: De bola - Uso: Regulación de salida de aire para regeneración de los adsorbedores

Figura No. 81 Esquema de las vistas de perfil, planta y elevación del biodigestor de la planta piloto.



B. Datos Originales

Tabla No. 88: Tara del recipiente utilizado para medir la densidad de los desechos y temperatura del agua utilizada para calibrar su volumen.

m {g}	8.4256 ± 0.0001
T {°C}	21.90 ± 0.05

Tabla No. 89: Masa de agua utilizada para calibrar el volumen del recipiente utilizado para medir las densidades de los desechos.

No.	m {g}
1	15.2885 ± 0.0001
2	15.2207 ± 0.0001
3	14.9867 ± 0.0001
4	15.1902 ± 0.0001
5	14.9935 ± 0.0001

Tabla No. 90: Masa de desechos utilizada para obtener la densidad de la segunda muestra.

No.	m {g}	Tipo
6	14.9186 ± 0.0001	NP ₂
7	14.9851 ± 0.0001	
8	15.0553 ± 0.0001	
9	15.0209 ± 0.0001	
10	15.0184 ± 0.0001	
11	15.0743 ± 0.0001	
12	16.0868 ± 0.0001	P ₂
13	16.1245 ± 0.0001	
14	15.9972 ± 0.0001	
15	16.0977 ± 0.0001	
16	16.2037 ± 0.0001	
17	16.1419 ± 0.0001	

Tabla No. 91: Masa de desechos utilizada para obtener la densidad de la tercera muestra.

No.	m {g}	Tipo
18	15.2547 ± 0.0001	NP ₃
19	15.2216 ± 0.0001	
20	15.4174 ± 0.0001	
21	15.3753 ± 0.0001	
22	15.4495 ± 0.0001	
23	15.3975 ± 0.0001	
24	16.1411 ± 0.0001	P ₃
25	16.1639 ± 0.0001	
26	16.2051 ± 0.0001	
27	16.1879 ± 0.0001	
28	16.2163 ± 0.0001	
29	16.2051 ± 0.0001	

Tabla No. 92: Masa de efluente de biodigestor anaerobio utilizado como agua en las pruebas de laboratorio para obtener su densidad.

No.	m {g}
30	15.1651 ± 0.0001
31	15.2335 ± 0.0001
32	15.2340 ± 0.0001
33	15.1278 ± 0.0001
34	15.2180 ± 0.0001
35	15.2106 ± 0.0001

Tabla No. 93: Masa de estiércol de vaca utilizado como inóculo en las pruebas de laboratorio para obtener su densidad.

No.	m {g}
36	15.3345 ± 0.0001
37	15.3643 ± 0.0001
38	15.3785 ± 0.0001
39	15.3557 ± 0.0001
40	15.3911 ± 0.0001
41	15.3535 ± 0.0001

Tabla No. 94: Masa de muestras de reactores tipo A&B para obtener su densidad.

No.	m {g}
42	15.6156 ± 0.0001
43	15.5927 ± 0.0001
44	15.6753 ± 0.0001
45	15.6483 ± 0.0001
46	15.5739 ± 0.0001
47	15.7023 ± 0.0001

Tabla No. 95: Masa de muestras de reactores tipo C&D para obtener su densidad.

No.	m {g}
48	15.4517 ± 0.0001
49	15.5967 ± 0.0001
50	15.5022 ± 0.0001
51	15.4663 ± 0.0001
52	15.4794 ± 0.0001
53	15.3734 ± 0.0001

Tabla No. 96: *Masa de muestras de reactores tipo E&F para obtener su densidad*

No.	m {g}
54	15.4148 ± 0.0001
55	15.4396 ± 0.0001
56	15.4418 ± 0.0001
57	15.5021 ± 0.0001
58	15.3046 ± 0.0001
59	15.3116 ± 0.0001

Tabla No. 97: Descripción de primera muestra de desechos, cantidades másicas y sólidos totales registrados por la balanza de humedad.

No.	Tipo	Procedencia	Descripción	Masa {kg}	%ST
60	NP	Hotel	Cáscaras de sandía y papaya. Un melón	1.64 ± 0.01	11.69% ± 0.01%
61					10.23% ± 0.01%
62					10.49% ± 0.01%
63	P	Hotel	Tortillas y picado de rábano	2.40 ± 0.01	24.62% ± 0.01%
64					23.78% ± 0.01%
65					20.97% ± 0.01%
66	P	Cooperativa	Frijol, pollo	0.95 ± 0.01	27.34% ± 0.01%
67					29.27% ± 0.01%
68					28.26% ± 0.01%
69	NP	Cooperativa	Cáscaras de sandía, papaya y piña; cebolla y tomate	1.82 ± 0.01	7.40% ± 0.01%
70					7.84% ± 0.01%
71					4.99% ± 0.01%
72	NP	Hotel	Cáscara de sandía, papaya, lechuga. 6 melones y aproximadamente 20 papas completos	3.52 ± 0.01	9.84% ± 0.01%
73					10.70% ± 0.01%
74					10.44% ± 0.01%
75	P	Hotel	Mayormente tortillas, residuos varios. Un tenedor	3.04 ± 0.01	40.79% ± 0.01%
76					40.11% ± 0.01%
77					41.72% ± 0.01%
78	P	Hotel	Mayormente tortillas, residuos varios	2.18 ± 0.01	36.62% ± 0.01%
79					38.10% ± 0.01%
80					37.76% ± 0.01%

Tabla No. 98: Descripción de segunda muestra de desechos, cantidades másicas y sólidos totales registrados por la balanza de humedad.

No.	Tipo	Descripción	Masa {kg}	%ST
81	P	Repollo, zanahoria, brócoli, salchichas, arroz, tortilla, chicharrones, pan, frijol, camarón y carne.	11.3 ± 0.01	29.64% ± 0.01%
82				29.73% ± 0.01%
83				30.44% ± 0.01%
84	NP	Cáscara de sandía, melón, coliflor, brócoli, papaya, guisquil, lechuga, limón, banano, zanahoria, ejote, apio.	9.36 ± 0.01	9.36% ± 0.01%
85				9.95% ± 0.01%
86				9.34% ± 0.01%

Tabla No. 99: Descripción de tercera muestra de desechos, cantidades másicas y sólidos totales registrados por la balanza de humedad.

No.	Tipo	Descripción	Masa {kg}	%ST
87	NP	Spaguetti, frijol, pollo, tortillas, huevo, arroz, salchicha, remolacha	13.20 ± 0.01	11.50% ± 0.01%
88				13.04% ± 0.01%
89				12.95% ± 0.01%
90	P	Cáscara de plátano y banano, zanahoria, cebolla, chile pimiento, cáscara de papa, guisquil, tomate, cáscara de sandía, huevo podrido (cocido)	10.20 ± 0.01	37.23% ± 0.01%
91				38.33% ± 0.01%
92				39.41% ± 0.01%

Tabla No. 100: Características de los desechos orgánicos procesados y no procesados, para las muestras dos y tres.

	P ₂	NP ₂	P ₃	NP ₃
pH	4.0	4.1	4.4	5.2
M.O	72.8%	89.3%	95.1%	81.9%
C/N	34.0	36.9	35.7	41.8
N (Nt)	2.14%	2.42%	2.66%	1.96%
P (P₂O₅)	0.66%	1.11%	0.81%	0.67%
K (K₂O)	0.48%	3.18%	0.39%	4.76%
Ca	0.55%	0.42%	0.34%	3.19%
Mg (MgO)	0.29%	0.36%	0.05%	0.86%
B (B₂O₃) {ppm}	39.08	62.34	1.69	57.64
Cu {ppm}	12.55	11.55	9.16	15.6
Fe {ppm}	8,300.00	1,925.00	438.25	540.00
Mn {ppm}	132.50	44.10	4.37	38.45
Zn {ppm}	25.90	31.00	6.09	19.88

Tabla No. 101: Sólidos totales de la primera muestra de excremento de vaca.

No.	%ST
93	15.02% ± 0.01%
94	13.24% ± 0.01%
95	11.60% ± 0.01%

Tabla No. 102: Sólidos totales de la segunda muestra de excremento de vaca.

No.	%ST
96	30.47% ± 0.01%
97	31.18% ± 0.01%
98	29.03% ± 0.01%

Tabla No. 103: Sólidos totales de la tercera muestra de excremento de vaca.

No.	%ST
99	23.26% ± 0.01%
100	22.85% ± 0.01%
101	18.44% ± 0.01%

Tabla No. 104: Sólidos totales de la cuarta muestra de excremento de vaca, utilizada como inóculo en las pruebas de laboratorio para producción de biogás.

No.	%ST
102	14.00% ± 0.01%
103	11.91% ± 0.01%
104	13.84% ± 0.01%

Tabla No. 105: Sólidos totales del efluente del biodigestor de excremento de cerdo, utilizado como agua en las pruebas de laboratorio para producción de biogás.

No.	%ST
105	0.26% ± 0.01%
106	0.31% ± 0.01%
107	0.16% ± 0.01%

Tabla No. 106: Sólidos totales de los reactores batch utilizados en las pruebas de laboratorio para producción de biogás.

No.	Tipo	%ST
108	A&B	13.23% \pm 0.01%
109		13.44% \pm 0.01%
110		13.18% \pm 0.01%
111	C&D	13.08% \pm 0.01%
112		13.29% \pm 0.01%
113		13.08% \pm 0.01%
114	E&F	12.20% \pm 0.01%
115		12.33% \pm 0.01%
116		11.78% \pm 0.01%

Tabla No. 107: Masa de desechos sólidos procesados secos utilizada para realizar la determinación de sólidos volátiles y masa de ceniza restante luego del procedimiento de análisis.

	P ₁	P ₂	P ₃
m_{DS} {g}	1.6087 \pm 0.0001	1.7044 \pm 0.0001	1.3722 \pm 0.0001
m_C {g}	0.0561 \pm 0.0001	0.0756 \pm 0.0001	0.0521 \pm 0.0001

Tabla No. 108: Masa de desechos sólidos no procesados secos utilizada para realizar la determinación de sólidos volátiles y masa de ceniza restante luego del procedimiento de análisis.

	NP ₁	NP ₂	NP ₃
m_{DS} {g}	0.7879 \pm 0.0001	0.9307 \pm 0.0001	1.1179 \pm 0.0001
m_C {g}	0.0466 \pm 0.0001	0.0686 \pm 0.0001	0.1831 \pm 0.0001

Tabla No. 109: Masa utilizada de DO procesados y no procesados, de agua e inóculo para formar las mezclas de los reactores de la prueba de laboratorio.

Tipo	m_P {kg}	m_{NP} {kg}	M_{Ag} {kg}	m_i {kg}
A&B	1.50 ± 0.01	0.00 ± 0.01	3.88 ± 0.01	0.34 ± 0.01
C&D	1.14 ± 0.01	1.14 ± 0.01	2.98 ± 0.01	0.34 ± 0.01
E&F	0.00 ± 0.01	5.12 ± 0.01	0.12 ± 0.01	0.34 ± 0.01

Tabla No. 110: Volumen efectivo de los reactores utilizados en la prueba de laboratorio de producción de biogás.

V {m ³ }	1.9850E-03 ± 1.0000E-06
-----------------------	-------------------------

Tabla No. 111: *Sólidos totales experimentales para cada proporción de desecho no procesado y agua.*

No.	Relación $D_{NP}:Ag$	ST
117	2:1	8.78% ± 0.01%
118		8.53% ± 0.01%
119		8.59% ± 0.01%
120	1:1	6.46% ± 0.01%
121		6.37% ± 0.01%
122		6.66% ± 0.01%
123	1:2	4.07% ± 0.01%
124		4.05% ± 0.01%
125		4.09% ± 0.01%

Tabla No. 112: Masas para obtener la densidad de las mezclas con diferentes proporciones desecho/agua.

No.	Relación D _{NP} :Ag	m {g}
126	2:1	15.4951 ± 0.001
127		15.2515 ± 0.001
128		15.2433 ± 0.001
129		15.3330 ± 0.001
130		15.3829 ± 0.001
131		15.4085 ± 0.001
132	1:1	15.3122 ± 0.001
133		15.2026 ± 0.001
134		15.2699 ± 0.001
135		15.5537 ± 0.001
136		15.4365 ± 0.001
137		15.5826 ± 0.001
138	1:2	15.4265 ± 0.001
139		15.4297 ± 0.001
140		15.6088 ± 0.001
141		15.3007 ± 0.001
142		15.3587 ± 0.001
143		15.4094 ± 0.001

Tabla No. 113: Áreas resultantes de la cromatografía de gases para el reactor B.

Día	CH ₄ {Pa·s}	CO ₂ {UV·s}	H ₂ S {UV·s}
3	482.93167	60.03936	91.63112
6	110.96590	80.41277	72.35856
9	106.32877	42.60860	222.15837

Tabla No. 114: Áreas resultantes de la cromatografía de gases para el reactor C.

Día	CH ₄ {Pa·s}	CO ₂ {UV·s}	H ₂ S {UV·s}
3	385.73199	53.36276	84.74632
6	245.09743	40.56844	172.82913
9	235.56920	58.61658	308.23969

Tabla No. 115: Áreas resultantes de la cromatografía de gases para el reactor F.

Día	CH ₄ {Pa·s}	CO ₂ {UV·s}	H ₂ S {UV·s}
2	304.66119	38.96988	373.92596
6	2.41298	6,895.12061	343.53204
9	0.00000	5,504.89648	576.51477

Tabla No. 116: Especificaciones del triturador designado para la planta piloto.

Tipo	Triturador de Cuchillas
Rango {kg/h}	100 - 300
Potencia	7.5
Voltaje	220 - 440
Peso {kg}	835
Ejes	2
Velocidad {rpm}	10 - 20
Cuchillas	24
Ancho cuchillas {mm}	15

C. Cálculo de muestra

Cálculo No. 1 Volumen v del recipiente para la medición de la densidad de los desechos

Para medir la densidad de los desechos, se utilizó un recipiente tarado pequeño, abierto y transparente, el cual se empleó limpio y seco en todas las mediciones de densidad de desechos.

Luego que se obtuvo la densidad del agua de la Tabla 2-30 del Perry, con la que se calibró el recipiente para medir la densidad de desechos orgánicos (DO), se calculó el volumen de acuerdo a la masa de agua de la primera corrida de la siguiente manera:

$$15.2885 \pm 0.0001 \text{ g} \left(\frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \right) \left(\frac{m^3}{997.7462 \pm 2.2780 \text{ kg}} \right) = 1.5323 \times 10^{-5} \pm 3.4984 \times 10^{-8} m^3$$

Este mismo cálculo se realizó hasta la corrida No. 5. Para los volúmenes calculados se obtuvo un promedio, el cual fue el que se utilizó para la determinación de todas las densidades de desechos.

Cálculo No. 2 Densidad de desecho ρ

De acuerdo con los datos de la corrida No. 6, la densidad de los desechos no procesados se obtuvo de la siguiente manera:

$$14.9186 \pm 0.0001 \text{ g} \left(\frac{1 \text{ kg}}{1,000 \text{ g}} \right) \left(\frac{1}{1.5323 \times 10^{-5} \pm 3.4984 \times 10^{-8} \text{ m}^3} \right) = 983.4207 \pm 8.9538 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

De esta misma manera se calculó la densidad para las demás corridas de desechos no procesados y procesados, de la muestra 2 y 3 de desechos, así como para el inóculo y agua utilizada para la prueba de laboratorio de generación de biogás. Un promedio de los valores calculados se obtuvo para utilizarlos en cálculos posteriores.

Todas las densidades se obtuvieron a temperatura ambiente, alrededor de $23.00 \pm 0.05^\circ\text{C}$.

Cálculo No. 3 Sólidos volátiles SV

De acuerdo al estándar ASTM D2974-87, se colocó una masa de desecho previamente secada en un horno a $105.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$ m_{DS} y ésta combustionó antes de colocarla en una mufla a $440.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$, se mantuvo la muestra en la mufla hasta que las cenizas mostraron un peso constante m_C .

Los sólidos volátiles o materia orgánica, fueron todos aquellos que combustionaron a $440.0 \pm 0.1^\circ\text{C}$.

$$SV = \frac{m_{DS} - m_C}{m_{DS}} * 100\%$$

Para los desechos procesados de la primera muestra de desechos sólidos, los sólidos totales fueron:

$$SV = \frac{(1.6087 \pm 0.0001) - (0.0561 \pm 0.0001)}{(1.6087 \pm 0.0001)} * 100\% = 96.5126 \pm 0.0106\%$$

De la misma manera se calcularon los sólidos volátiles de las demás muestras, incluyendo las de los reactores de la prueba de laboratorio.

Los sólidos volátiles de cada tipo de desecho (procesado y no procesado) se obtuvieron por medio de promedios de los sólidos volátiles de las 3 muestras de desechos.

Cálculo No. 4 Prueba de laboratorio – Estimación de cantidades de desechos, inóculo y agua

La estimación de la cantidad de desechos para la prueba de laboratorio se realizó para un reactor de 3.78L, con un volumen efectivo del 86%, con una mezcla para la digestión anaerobia con una densidad de 1,100kg/m³, 8% de sólidos totales y 10% de inóculo ambos únicamente con referencia a los desechos (es decir que la fuente de sólidos totales provino únicamente de los desechos, sin tomar en cuenta el inóculo, y que la masa de inóculo depositado fue el 10% y el 90% la masa de desechos). El valor de la densidad se determinó como un aproximado por medio del experimento de Forster-Carneiro, del cual se utilizó una cantidad máxima para poder sobredimensionar la cantidad de muestra necesaria para armar el sistema.

De acuerdo a las tendencias de sólidos totales del inóculo, se asumió una concentración de sólidos totales en el inóculo del 15%. Un procedimiento similar se realizó para establecer que los sólidos totales de los desechos procesados fueron 31% y de los desechos orgánicos no procesados de 9%.

La masa de desechos necesaria m_D se estableció con un valor variable de X , el cual luego de los cálculos en la hoja de *Microsoft Excel*® se utilizó como celda objetivo para una celda variable del volumen que ocuparía la mezcla dentro del reactor.

Para la proporción de desecho orgánico P:NP de 1:1, la cantidad de DO procesados y no procesados fue:

$$m_P = 0.5 \cdot m_D = m_{NP}$$

Para las proporciones restantes de 1:0 y 0:1, la masa de desechos orgánicos fue totalmente de desechos procesados y totalmente de no procesados respectivamente.

La cantidad de sólidos totales aportados por la totalidad de los desechos (procesados y no procesados), en relación con los porcentajes que se establecieron anteriormente fue entonces:

$$m_D \cdot ST_D = m_P \cdot ST_P + m_{NP} \cdot ST_{NP} = 0.31m_P + 0.09m_{NP}$$

El porcentaje de inóculo que se debió agregar, se calculó respecto a los sólidos totales de ambas masas establecidos con anterioridad, por lo que éste fue:

$$i = \frac{m_i ST_i}{m_i ST_i + m_D ST_D} = \frac{0.15 \cdot m_i}{0.15 \cdot ST_i + m_D ST_D} = 0.10$$

Despejando para la masa de inóculo m_i se obtuvo:

$$m_i = 0.10 \cdot ST_i + \frac{0.10 \cdot m_D ST_D}{0.15}$$

La masa de agua que se debió agregar a los reactores para poder obtener sólidos totales del 8% respecto a los DO, se obtuvo de la siguiente expresión:

$$ST_D = \frac{m_D ST_D}{m_D + m_i + m_w} = 0.08$$

De la cual se despejó para la masa de agua m_w y resultó la siguiente expresión:

$$m_w = \frac{m_D ST_D}{0.08} - m_D - m_i$$

Luego se dividió la masa total de la mezcla m_T dentro de la densidad aproximada de $1,100\text{kg/m}^3$, con lo que se obtuvo el volumen que debía ocupar dicha masa en el reactor y se comparó este volumen con los 3.78L del reactor con lo que se definió la cantidad de desechos necesarios para ocupar el 86% de este volumen.

La mezcla para cada tipo de reactor se realizó en un mismo recipiente para que ambos contuvieran la misma proporción del sustrato e inóculo, por lo que las cantidades de DO procesado, DO no procesado, agua e inóculo se sumaron para los reactores con sustrato igual.

Como el reactor a utilizar fue cambiado por uno de diferente capacidad (con volumen desconocido antes que se realizaran dichos cálculos), se redujo la cantidad de desechos necesaria al multiplicarla por un factor aproximado de 0.7.

Cálculo No. 5 Cantidad de cada componente en reactores.

Con el objetivo de conocer la cantidad agregada de cada componente en cada uno de los reactores de la prueba de laboratorio, se determinó que el volumen efectivo del reactor utilizado fue $1.9850 \times 10^{-3} \pm 1.0000 \times 10^{-6} \text{ m}^3$ ($1.985 \pm 0.001\text{L}$). Por medio de la densidad de cada mezcla, se estableció la masa de la mezcla en el reactor m_R .

La fracción másica para cada componente x , fue el resultado de dividir la masa del componente dentro de la masa total de la mezcla realizada inicialmente, para los reactores tipo A&B la proporción másica de los desechos orgánicos procesados fue:

$$\begin{aligned} x_P &= \frac{m_P}{m_P + m_{NP} + m_w + m_i} * 100\% \\ &= \frac{1.50 \pm 0.01\text{kg}}{(1.50 \pm 0.01\text{kg}) + (0.00 \pm 0.01\text{kg}) + (3.88 \pm 0.01\text{kg}) + (0.34 \pm 0.01\text{kg})} \\ &* 100\% = 26.22 \pm 0.20\% \end{aligned}$$

Este mismo procedimiento se realizó para cada uno de los componentes para cada tipo de reactor y así se obtuvo la proporción másica de estos.

La masa de desechos procesados dentro de un reactor se calculó de la siguiente forma:

$$m_P = x_P \cdot m_R = 26.22 \pm 0.20\%(2.05 \pm 0.01kg) = 0.54 \pm 4.39 \times 10^{-3}kg$$

La masa de cada componente dentro de un reactor se calculó de la misma manera: multiplicando su fracción másica x por la masa total del reactor m_R .

Cálculo No. 6 Sólidos totales en reactor ST

Los sólidos totales se calcularon de acuerdo a los sólidos totales medidos para la tercera muestra de DO (que fue la utilizada en la prueba de laboratorio), la cuarta muestra de inóculo y el efluente del biodigestor anaerobio de excremento de vaca.

Para los sólidos totales en un reactor tipo A&B, los sólidos totales se calcularon de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} ST &= \frac{m_P \cdot ST_P + m_{NP} \cdot ST_{NP} + m_w \cdot ST_w + m_i \cdot ST_i}{m_R} * 100\% \\ &= [(0.54 \pm 4.39 \times 10^{-3}kg)(38.32 \pm 1.09\%) \\ &+ (0.00 \pm 0.00kg)(12.50 \pm 0.86\%) + (1.39 \pm 7.49 \times 10^{-3}kg)(0.24 \pm 0.08\%) \\ &+ (0.12 \pm 3.62 \times 10^{-3}kg)(13.25 \pm 1.16\%)] / (2.05 \pm 0.01kg) \\ &= 11.00 \pm 0.31\% \end{aligned}$$

De esta misma manera se calcularon los sólidos totales para los reactores tipo C&D y E&F.

Cálculo No. 7 Sólidos totales teóricos de la alimentación con diferentes proporciones de desecho no procesado y agua $D_{NP}:W$

Se tomó el valor promedio de sólidos totales en los desechos no procesados, de $10.55 \pm 1.6889\%$ y como base 1 kg de desecho.

Para una proporción $D_{NP}:W$ de 1:0.5 (ó 2:1), los sólidos totales teóricos de la muestra fueron:

$$ST_{Teo} = \frac{(10.55 \pm 1.69\%)(1kg)}{1kg + 0.5kg} = 7.03 \pm 1.13\%$$

Este mismo cálculo se realizó para las proporciones 1:1 y 1:2.

Cálculo No. 8 Diseño del sistema de recirculación de agua para la prueba de laboratorio

Se utilizan tres cajas multibox de plástico para mantener los reactores en baño de maría. El caudal máximo entregado por la bomba a la condición de operación es:

$$Q = \frac{V}{t}$$

Ecuación No. 15

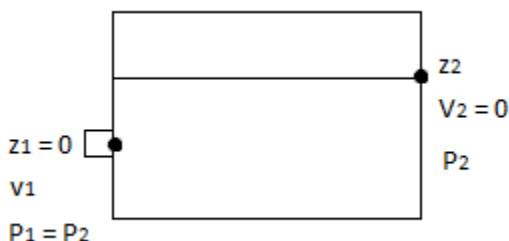
En donde V es el volumen de fluido bombeado y t es el tiempo durante el cual se bombeó el fluido.

Sustituyendo los datos para la primera corrida:

$$Q = \frac{1725 \pm 10mL}{5.06 \pm 0.01s} \times \frac{1m^3}{1 \times 10^6mL} = (3.409 \pm 0.021) \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

De la misma forma se calculó el caudal para todas las corridas.

Figura No. 82 Diagrama de la caja que funciona como baño de maría.



El diámetro de los agujeros que se abre en las cajas para que sirvan como cascadas se determina utilizando la ecuación de Bernoulli (tomando como puntos de referencia los indicados en la figura anterior) y la ecuación de continuidad.

La ecuación de Bernoulli (sin fricción ni trabajo externo) es:

$$\frac{P_1}{\rho} + \frac{1}{2}v_1^2 + gz_1 = \frac{P_2}{\rho} + \frac{1}{2}v_2^2 + gz_2$$

Ecuación No. 16

En donde P_i es la presión en el punto i , ρ es la densidad del fluido, v_i es la velocidad en el punto i , g es la aceleración de la gravedad y z_i es la altura en el punto i .

Simplificando de acuerdo a los datos de la figura anterior y resolviendo para v_1 :

$$v_1 = \sqrt{2gz_2}$$

Ecuación No. 17

La ecuación de continuidad aplicada a las secciones circulares que sirven como cascadas es:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} v_1$$

Ecuación No. 18

En donde d es el diámetro de las secciones circulares.

Sustituyendo la ecuación de velocidad en la ecuación anterior y multiplicando por dos debido a que se utilizan dos secciones circulares como cascada:

$$Q = \frac{\pi d^2}{2} \sqrt{2gz_2}$$

Ecuación No. 19

Si se requiere que el nivel de agua sobre los agujeros tenga una altura de 0.01m y que los diámetros de los agujeros sean de 0.0127m (0.5“):

$$Q = \frac{\pi(0.0127m)^2}{2} \sqrt{2(9.81m/s^2)(0.01m)} = 1.122 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

Tomando en cuenta que el caudal promedio es $(3.671 \pm 0.147)10^{-4}m^3/s$, el porcentaje de la capacidad máxima de la bomba a utilizar es:

$$\frac{Q_{operación}}{Q_{máximo}} = \frac{1.122 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{(3.409 \pm 0.021) \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}} \times 100 = 32.91 \pm 0.20\%$$

Cálculo No. 9: Análisis de datos experimentales en la prueba de laboratorio

Se obtiene la velocidad promedio de producción de biogás (\dot{V}) para cada punto de la siguiente forma:

$$\dot{V} = \frac{V}{t_2 - t_1}$$

Ecuación No. 20

En donde V es el volumen promedio producido de biogás y $t_2 - t_1$ es el intervalo de tiempo en el que se obtuvo ese volumen.

Sustituyendo datos de la primera corrida para el volumen de biogás promedio producido a partir de desechos orgánicos no procesados:

$$\dot{V} = \frac{213 \pm 53 \text{ mL}}{12.75 \text{ h} - 0 \text{ h}} = 16.67 \pm 4.16 \frac{\text{mL}}{\text{h}} = (16.67 \pm 4.16 \text{ mL}) \times 10^{-6} \frac{m^3}{h}$$

De la misma forma se calcularon las velocidades promedio de producción de biogás para las demás corridas.

Las velocidades promedio obtenidas en la fermentación se deben corregir para la presión y temperatura en el ingenio de la siguiente forma:

$$V_2 = V_1 \frac{P_1 T_2}{P_2 T_1}$$

Ecuación No. 21

En donde V_1 , P_1 , T_1 son el volumen, presión y temperatura a las condiciones del experimento, respectivamente, y V_2 , P_2 , T_2 son el volumen, presión y temperatura a las condiciones del ingenio, respectivamente.

Utilizando la velocidad promedio de la primera corrida obtenida para los reactores E y F (desechos orgánicos 100% no procesados):

$$V_2 = 16.67 \pm 4.16 \frac{mL}{h} \left(\frac{644 \text{ mmHg}}{760 \text{ mmHg}} \right) \left(\frac{300.15 \pm 0.1 \text{ K}}{301.5 \pm 0.1 \text{ K}} \right) = 14.06 \pm 3.51 \text{ mL}$$

$$= (14.06 \pm 3.51) \times 10^{-6} m^3$$

Se utilizó el mismo método para corregir todas las velocidades promedio obtenidas de todos los reactores.

El volumen acumulado hasta el día 19 se obtuvo sumando los volúmenes promedio obtenidos de todos los días. El volumen acumulado corregido con el método anterior para el reactor con desechos orgánicos no procesados es:

$$V_{ac} = \sum_1^{19} \bar{V}_i = 38124 \pm 81 \text{ mL} = (38124 \pm 498) \times 10^{-6} m^3$$

El potencial de producción de biogás a partir de un sustrato determinado es:

$$Potencial = \frac{V_{ac}}{m_D X_D X_{DVS} + m_I X_I X_{IVS}}$$

Ecuación No. 22

En donde m_D , X_D y X_{DVS} son la masa, sólidos totales y sólidos volátiles del desecho orgánico, respectivamente, y m_I , X_I y X_{IVS} son la masa, sólidos totales y sólidos volátiles del estiércol, respectivamente.

Las variables del denominador de la ecuación se obtienen de los datos originales.

Sustituyendo datos:

$$Potencial = \frac{2(38124 \pm 498) \times 10^{-6} m^3}{(1.85 \pm 0.01 \text{ kg})(0.1055 \pm 0.0028)(0.9011 \pm 0.0567) + (0.12 \pm 0.01 \text{ kg})(0.1325 \pm 0.0116)(0.85)}$$

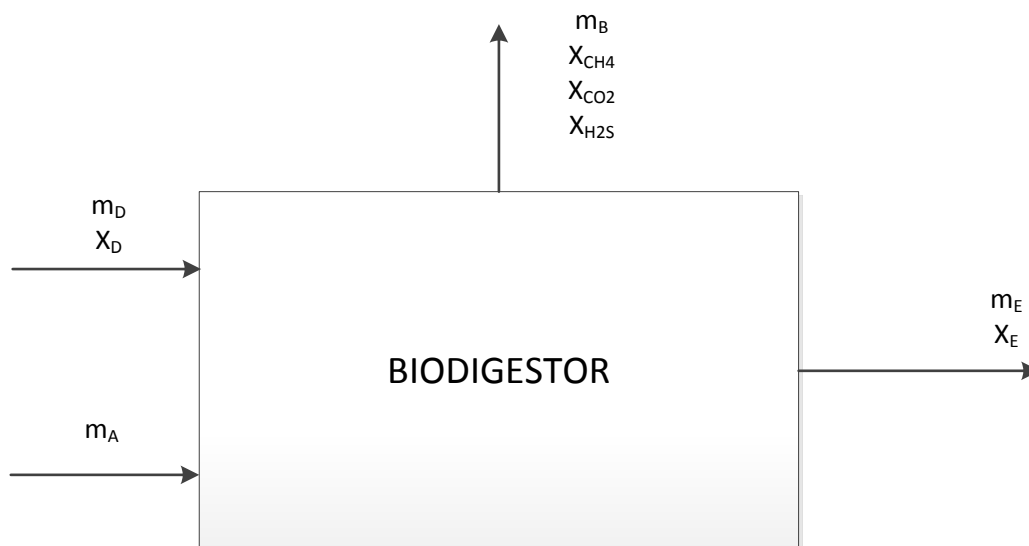
$$= 0.411 \pm 0.013 \frac{m^3 \text{ biogás}}{kgVS}$$

El potencial de producción de biogás se multiplicó por dos debido a que la masa de reactivos se dividió entre dos reactores, mientras que el volumen acumulado utilizado fue el promedio entre los dos reactores.

Cálculo No. 9 Balance de masa de la planta piloto

A continuación, se observa un diagrama de bloques cualitativo del balance de masa del biodigestor.

Figura No. 83 Diagrama de bloques cualitativo del balance de masa del biodigestor.



En el diagrama anterior, m_A es el flujo de agua alimentado, m_D es el flujo de desechos de entrada al biodigestor, X_D es la fracción de sólidos en los desechos alimentados, m_B es el flujo de biogás, X_{CH_4} es la fracción molar de metano en el biogás, X_{CO_2} es la fracción molar de dióxido de carbono en el biogás, X_{H_2S} es la fracción molar de sulfuro de hidrógeno en el biogás, m_E es el flujo del efluente y X_E es la fracción de sólidos en el efluente.

De las cantidades anteriores, la mayoría son conocidas debido a experimentación y se tabularon en la sección de Datos Originales. Las variables desconocidas son: m_A (flujo de agua), m_E (flujo de efluente) y X_E (fracción de sólidos en el efluente).

El balance de masa global es:

$$m_D + m_A = m_B + m_E$$

Ecuación No. 23

El balance global de sólidos es:

$$X_D m_D = m_B + X_E m_E$$

Ecuación No. 24

En el balance global de sólidos se asume que los sólidos consumidos del sustrato forman todo el biogás.

La concentración de sólidos en la entrada del biodigestor (X_M) es:

$$X_M = \frac{X_D m_D}{m_D + m_A}$$

Ecuación No. 25

De esta forma se obtiene un sistema de ecuaciones consistente para el balance de masa del biodigestor. Resolviendo para las tres incógnitas:

$$m_A = \frac{X_D m_D}{X_M} - m_D$$

Ecuación No. 26

$$m_E = \frac{X_D m_D - X_M m_B}{X_M}$$

Ecuación No. 27

$$X_E = \frac{X_M (X_D m_D - m_B)}{X_D m_D - X_M m_B}$$

Ecuación No. 28

Para calcular la cantidad de biogás producida se necesita saber la cantidad de biogás que se puede producir por masa de sólidos volátiles (potencial de producción de biogás). Esta cantidad es $588.5 \pm 37 \text{ m}^3/\text{kg VS}$ para 25 días de digestión (El-Mashad y Zhang, 2010, 4025).

El flujo másico de biogás es:

$$m_B = \rho_B \frac{V}{m_{VS}} m_D X_D X_{DVS}$$

Ecuación No. 29

En donde ρ_B es la densidad del biogás.

A la presión atmosférica y temperatura promedio del ingenio, y asumiendo que la composición de biogás es 53.7% metano y 46.3% CO₂, la densidad del biogás es 1.176 kg/m³.

Sustituyendo datos para el flujo másico de biogás:

$$m_B = \left(1.176 \frac{kg}{m^3}\right) \left(0.588 \pm 0.037 \frac{m^3 \text{ biogás}}{kgVS}\right) \left(874.34 \frac{kg}{día}\right) (0.2738 \pm 0.0370) (0.9465 \pm 0.0001) = 156.66 \pm 13.05 \frac{kg}{día}$$

Utilizando la densidad del biogás, el flujo volumétrico es:

$$V_B = 133.23 \pm 11.10 \frac{m^3}{día}$$

Resolviendo las ecuaciones del balance de masa:

$$m_A = \frac{(0.2738 \pm 0.0370) \left(874.34 \frac{kg}{día}\right)}{0.1369} - 874.34 \frac{kg}{día} = 874.34 \pm 118.10 \frac{kg}{día}$$

$$m_E = \frac{(0.2738 \pm 0.0370) \left(874.34 \frac{kg}{día}\right) - 0.1369 \left(156.66 \pm 13.05 \frac{kg}{día}\right)}{0.1369} = 1592.02 \pm 32.38$$

$$X_E = \frac{0.1369 \left[(0.2738 \pm 0.0370) \left(874.34 \frac{kg}{día}\right) - 156.66 \pm 13.05 \frac{kg}{día} \right]}{(0.2738 \pm 0.0370) \left(874.34 \frac{kg}{día}\right) - 0.1369 (156.66 \pm 13.05)} = 0.05197 \pm 0.00141$$

Cálculo No. 10 Dimensionamiento del biodigestor

El tiempo de retención hidráulico es 25 días. Ya que el experimento se realizó a mayor temperatura, se debe realizar una corrección para obtener el tiempo de retención hidráulico a la temperatura promedio del ingenio (27°C).

La energía de activación para la digestión de desechos orgánicos de comida es 30080 J/mol (Ngozi-Olehi, et al., 2010, 21). Asumiendo que la digestión de desechos orgánicos sigue la Ley de Arrhenius, el tiempo de retención en una condición 2 es:

$$t_2 = t_1 e^{\frac{E}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1} \right)}$$

Ecuación No. 30

En donde t_1 es el tiempo de retención en la condición 1, E es la energía de activación de la digestión, T_2 es la temperatura en la condición 2 y T_1 es la temperatura a la condición 1.

Aplicando la Ley de Arrhenius para determinar el tiempo de retención en el ingenio:

$$t_2 = (25 \text{ días}) e^{\frac{30080 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8.314 \frac{\text{J}}{\text{molK}}} \left(\frac{1}{300.15 \text{ K}} - \frac{1}{308.15} \right)} = 34 \text{ días}$$

El volumen que ocupa el líquido dentro del biodigestor es:

$$V_L = \frac{m_A + m_D}{\rho_M} \times t_2$$

Ecuación No. 31

en donde ρ_M es la densidad de la mezcla de agua y desechos.

Sustituyendo valores:

$$V_L = \frac{874.34 \pm 118.10 \frac{\text{kg}}{\text{día}} + 874.34 \frac{\text{kg}}{\text{día}}}{1049 \pm 5 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \times 34 \text{ días} = 56.67 \pm 7.65 \text{ m}^3$$

Si se deja 25% de volumen para la fase gaseosa, este volumen es:

$$V_G = \frac{0.25}{0.75} (56.67 \pm 7.65 \text{ m}^3) = 18.89 \pm 2.55 \text{ m}^3$$

Por lo tanto, el volumen del biodigestor debe ser:

$$V_R = (56.67 \pm 7.65 \text{ m}^3) + (18.89 \pm 2.55 \text{ m}^3) = 75.56 \pm 8.07 \text{ m}^3$$

La sección transversal de la parte donde está el líquido es trapezoidal, mientras que la sección transversal de la parte del gas es elipsoidal, como muestran las siguientes dos figuras.

Figura No. 84 Vista lateral del biodigestor con proporciones.

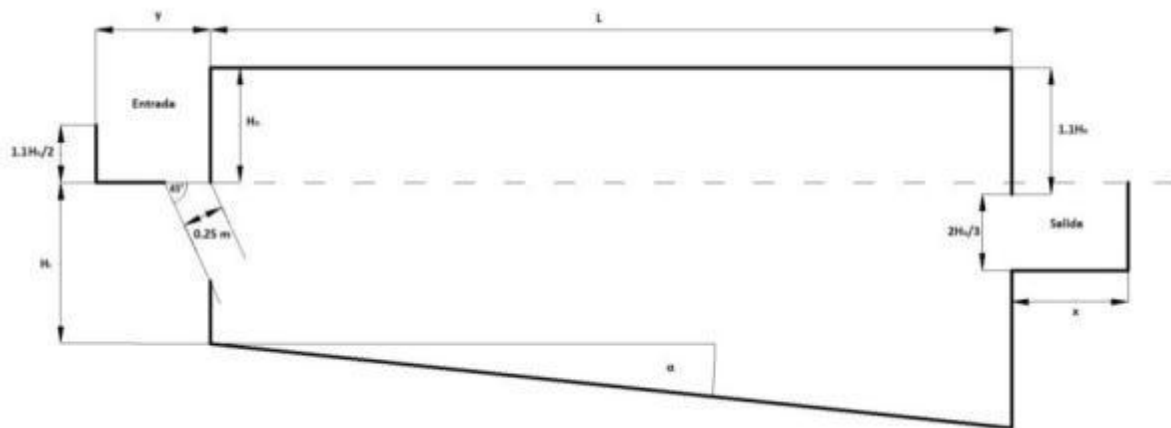
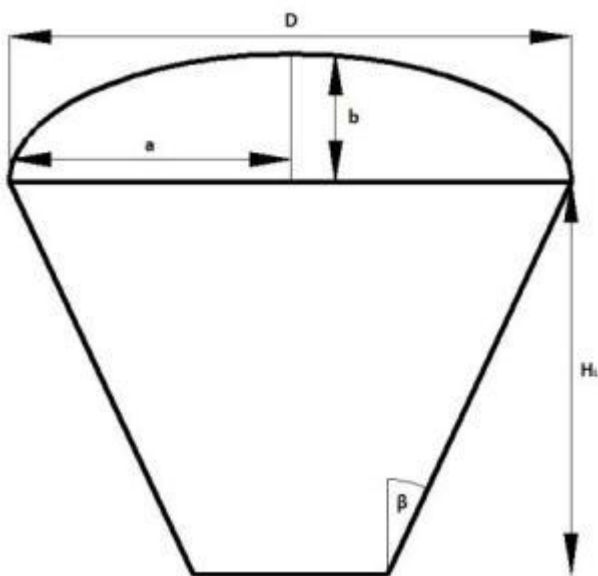


Figura No. 85 Vista frontal del biodigestor con proporciones.



El volumen de un cuerpo con sección transversal constante es:

$$V = A \times L$$

Ecuación No. 32

en donde A es el área de la sección transversal y L es el largo.

Para la parte líquida, con sección transversal trapezoidal inclinada (según las figuras anteriores), el volumen es:

$$V_L = (D - H_L \tan \beta)H_L L + \frac{L^2(\tan \alpha)(D - 2H_L \tan \beta)}{2}$$

Ecuación No. 33

En donde H_L es la altura del líquido, D es el largo de la base más grande del trapecio y α y β son los ángulos mostrados en las figuras anteriores.

El volumen de la parte gaseosa, con sección transversal elipsoidal, es:

$$V_G = \frac{ab\pi}{2}L$$

Ecuación No. 34

En donde a y b son las longitudes de los semiejes de la sección elipsoidal y L es el largo del reactor.

De la literatura se obtiene que una relación entre L y D adecuada para este tipo de reactor está entre 3 – 4 (Jagadish, et al., 1998). Utilizando una relación de 3.5 y sustituyendo esta relación en la ecuación para V_L :

$$V_L = 3.5(D - H_L \tan \beta)H_L D + 6.125D^2(\tan \alpha)(D - 2H_L \tan \beta)$$

Ecuación No. 35

Sustituyendo la relación L/D en la ecuación para V_G , haciendo que $a/b = 2.2$ y sabiendo que $D = 2a$:

$$V_G = \frac{3.5\pi D^3}{17.6}$$

Ecuación No. 36

Sustituyendo V_G y despejando para D en la ecuación anterior:

$$D = \sqrt[3]{\frac{17.6(18.89 \pm 2.55 \text{ m}^3)}{3.5\pi}} = 3.115 \pm 0.140 \text{ m} \cong 3.12 \pm 0.14 \text{ m}$$

Sustituyendo V_L y D en la última ecuación para V_L , tomando $\alpha = 6^\circ$, $\beta = 30^\circ$ y resolviendo numéricamente para H_L :

$$H_L = 2.183 \pm 0.284 \text{ m} \cong 2.18 \pm 0.28 \text{ m}$$

Con la relación $3.5 = L/D$ se obtiene que el largo del biodigestor es:

$$L = 3.5(3.115 \pm 0.140 \text{ m}) = 10.90 \pm 0.49 \text{ m}$$

Sabiendo que la altura para la parte gaseosa (H_G) es la mitad del diámetro del medio cilindro elipsoidal:

$$H_G = \frac{3.115 \pm 0.140 \text{ m}}{2} = 1.558 \pm 0.070 \text{ m} \cong 1.56 \pm 0.07 \text{ m}$$

Cálculo No. 12: Dimensionamiento del tanque de entrada

Si el biodigestor se alimenta dos veces por día, el tanque de entrada se dimensiona para poder contener la mitad del volumen de entrada de un día. Si el tanque se dimensiona de manera que el espesor y el ancho del tanque tengan la misma dimensión (igual a $H_G/2$):

$$y = \frac{4V_M}{1.1H_G^2}$$

Ecuación No. 37

En donde y es el lado indicado en la figura de la vista lateral del biodigestor, V_M es el volumen alimentado y el factor 1.1 es para sobredimensionar 10% la altura del tanque.

Sustituyendo datos:

$$y = \frac{4(0.8334 \pm 0.0565 \text{ m}^3)}{1.1(1.558 \pm 0.070 \text{ m})^2} = 1.249 \pm 0.102 \text{ m} \cong 1.25 \pm 0.10 \text{ m}$$

Cálculo No. 13: Dimensionamiento del tanque de salida

La salida se dimensiona para poder contener el volumen de entrada de un día. Si el tanque se dimensiona de manera que el espesor y la altura tengan la misma dimensión (igual a $H_L/2$):

$$x = \frac{4V_M}{H_L^2}$$

Ecuación No. 38

En donde x es el lado indicado en la figura de la vista lateral del biodigestor.

Sustituyendo datos:

$$x = \frac{4(1.667 \pm 0.113 \text{ m})}{(2.183 \pm 0.284 \text{ m})^2} = 1.399 \pm 0.205 \text{ m} \cong 1.40 \pm 0.20 \text{ m}$$

Cálculo No. 11 Dimensionamiento del adsorbedor de H₂S

El primer diámetro (pulgadas) mínimo del adsorbedor es:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{360Q_gTZ}{P}}$$

Ecuación No. 39

En donde Q_g es el flujo de gas (millones de pies cúbicos estándar por día), T es la temperatura de operación (°R), Z es el factor de compresibilidad y P es la presión de operación (psia).

A partir del balance de masa se obtiene que:

$$Q_g = \frac{\left(133.23 \pm 11.10 \frac{\text{m}^3}{\text{día}}\right) \left(\frac{273.15 \text{ K}}{300.15 \text{ K}}\right) \left(\frac{1.01325 \text{ bar}}{1 \text{ bar}}\right) \left(\frac{3.281 \text{ ft}}{1 \text{ m}}\right)^3}{1000000} = 0.004339 \pm 0.000362 \text{ MMscfd}$$

Si $Z = 1$, sustituyendo en la ecuación para diámetro mínimo:

$$d_{min} = \sqrt{\frac{360(0.004339 \pm 0.000362 \text{ MMscfd})(540.27^\circ\text{R})}{14.77 \text{ psia}}} = 7.559 \pm 0.042''$$

El segundo diámetro (pulgadas) mínimo es:

$$d_{min} = \sqrt{5.34 \times 10^6 Q_g x_{H_2S}}$$

Ecuación No. 40

En donde x_{H_2S} es la fracción mol de H₂S en el biogás.

Según Deublein, et al. (2010), la concentración de H₂S en el biogás es 0 – 0.5% en volumen (0 – 0.5% en mol en condiciones normales de presión y temperatura). Tomando el límite superior para determinar el segundo diámetro mínimo:

$$d_{min} = \sqrt{5.34 \times 10^6 (0.004339 \pm 0.000362 \text{ MMscfd})(0.005)} = 10.763 \pm 0.448''$$

El diámetro máximo (pulgadas) del adsorbedor es:

$$d_{max} = \sqrt{\frac{1800 Q_g T Z}{P}}$$

Ecuación No. 41

$$d_{max} = \sqrt{\frac{1800(0.004339 \pm 0.000362 \text{ MMscfd})(540.27^\circ R)}{14.77 \text{ psia}}} = 16.90 \pm 0.70''$$

Ya que el diámetro debe estar entre d_{min} y $d_{máx}$, se toma un diámetro de 11" (0.2794m).

La altura del lecho empacado (pies) debe ser:

$$H \geq \frac{3600 Q_g T Z}{P d^2}$$

Ecuación No. 42

La altura empacada debe ser:

$$H \geq \frac{3600(0.004339 \pm 0.000362 \text{ MMscfd})(540.27^\circ R)}{(14.77 \text{ psia})(11'')^2} = 4.722 \pm 0.394 \text{ ft}$$

Según Arnold & Stewart (1999), la altura del lecho debe ser al menos 10ft (3.05m) para la remoción de H_2S , por lo que se elige ese valor.

La altura total de la columna se sobredimensiona 20%:

$$H_{columna} = 1.20 \times 10 \text{ ft} = 12 \text{ ft} = 3.66 \text{ m}$$

El tiempo (días) en el que el adsorbedor se satura es:

$$t_s = 3.14 \times 10^{-8} \frac{F e \times d^2 \times H \times e}{Q_g x_{H_2S}}$$

Ecuación No. 43

En donde Fe es el contenido de óxido de hierro (lb/bushel), d es el diámetro del adsorbedor (pulgadas), H es la altura del adsorbedor (pies) y e es la eficiencia (0.65 – 0.80).

Asumiendo $e = 0.73$ y $Fe = 20$ lb/bushel:

$$t_s = 3.14 \times 10^{-8} \frac{20 \frac{lb}{bushel} \times (11'')^2 \times 10 ft \times 0.73}{(0.004339 \pm 0.000362 MMscfd)(0.005)} = 25.57 \pm 2.13 \text{ días}$$

$$\cong 26 \pm 2 \text{ días}$$

Por lo tanto la viruta se debe cambiar o regenerar cada 26 días.

El volumen de viruta de hierro oxidada (bushels) se determina de la siguiente forma:

$$Bu = 4.4 \times 10^{-3} d^2 H$$

Ecuación No. 44

$$Bu = 4.4 \times 10^{-3} (11'')^2 (10 ft) = 5.324 \text{ bushels} = 0.188 m^3$$

Ya que hay 20lb óxido de hierro/bushel, la masa de viruta necesaria para el empaque es:

$$m_{empaque} = 20 \frac{lb}{bushel} \times 5.324 \text{ bushels} = 106.5 lb \cong 48.3 kg$$

La caída de presión en el adsorbedor (ΔP) se puede aproximar por medio de:

$$\Delta P = \frac{HC_D G'^2}{\rho_B}$$

Ecuación No. 45

en donde C_D es una constante empírica del tipo de empaque y G'^2 es el flux másico.

El flux másico es:

$$G' = \frac{4 \left(156.66 \pm 13.05 \frac{kg}{día} \right) \left(\frac{1 \text{ día}}{86400 \text{ s}} \right)}{\pi \left(11'' \times \frac{0.0254 \text{ m}}{1''} \right)^2} = 0.02957 \pm 0.00246 \frac{kg}{m^2 s}$$

Tomando un valor de C_D de $909 Pa \cdot s/m^2$:

$$\Delta P = \frac{\left(10 ft \times \frac{1 m}{3.281 ft} \right) \left(909 \frac{Pa \cdot s}{m^2} \right) \left(0.02957 \pm 0.00246 \frac{kg}{m^2 s} \right)^2}{1.176 \frac{kg}{m^3}} = 2.06 \pm 0.17 Pa$$

Cálculo No. 15: Dimensionamiento del reservorio de biogás

Un reservorio generalmente se dimensiona para que pueda contener el 50% de la producción diaria de biogás, es decir:

$$V = \frac{133.23 \pm 11.10 m^3}{2} = 66.62 \pm 5.55 m^3$$

Si se construyen cuatro reservorios, cada uno debe tener capacidad para

$$V = 16.66 \pm 1.39 m^3$$

Si se utiliza una lona cilíndrica con proporción L/d=1, las dimensiones de la lona llena son:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4(16.66 \pm 1.39 m^3)}{\pi}} = 2.77 \pm 0.23 m$$

$$L = d = 2.77 \pm 0.23 m$$

Para determinar el diámetro del tanque que contiene a la lona que almacena el biogás, se agregan 3 cm hacia cada lado de la lona:

$$D = (2.77 \pm 0.23 m) + 2(0.03 m) = 2.83 \pm 0.23 m$$

La altura del tanque se sobredimensiona 10%:

$$L_t = 1.1(2.77 \pm 0.23 m) = 3.05 \pm 0.25 m$$

La relación entre la presión (P) y la masa (m) de un cuerpo es:

$$P = \frac{mg}{A}$$

Ecuación No. 46

En donde g es la aceleración debido a la gravedad y A es el área de contacto.

Si el biogás se almacena a 5 cm de agua de presión (490.5 Pa) y la lona se coloca en posición vertical, la masa del contrapeso del reservorio de biogás es:

$$m = \frac{(490.5 Pa) \left[\frac{\pi}{4} (2.77 \pm 0.23 m)^2 \right]}{9.81 \frac{m}{s^2}} = 301.3 \pm 25 kg$$

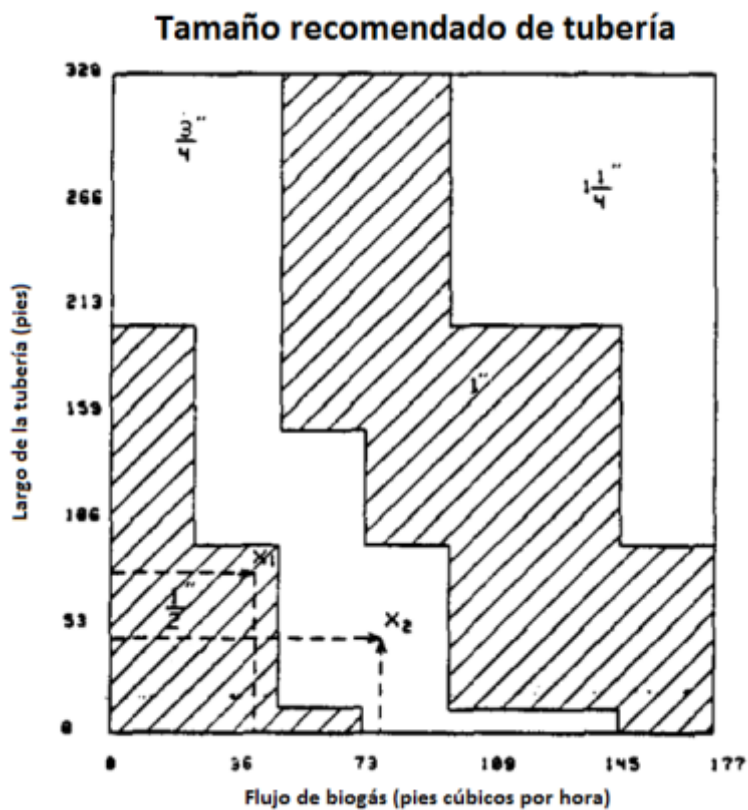
Si el contrapeso se construye de concreto normal con densidad de 2400 kg/m^3 , la altura que debe tener la plancha circular de concreto es:

$$h = \frac{301.3 \pm 25 \text{ kg}}{\left(2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \left(\left[\frac{\pi}{4} (2.77 \pm 0.23 \text{ m})^2\right]\right)} = 0.021 \pm 0.002 \text{ m}$$

Cálculo No. 16: Dimensionamiento de tubería

El dimensionamiento de la tubería se realizó con la siguiente figura obtenida de Walsh, *et al.* (1988).

Figura No. 86 Tamaño recomendado de tubería para transportar biogás.



Del balance de masa se obtuvo que el flujo de gas es aproximadamente $196 \text{ ft}^3/\text{h}$. Si se asume que el largo de la línea de distribución de biogás es mayor a 136 ft , el diámetro de la tubería debe ser:

$$d = 1 \frac{1}{4}''$$

D. Datos calculados

Tabla No. 117: Densidad del agua utilizada para calibrar el volumen del recipiente para medir la densidad de los desechos.

ρ {kg/m ³ }	997.7462	±	2.2780
-----------------------------	----------	---	--------

Tabla No. 118: Volumen interno del recipiente utilizado para medir la densidad de los desechos.

No.	v {m ³ }	v {m ³ }
1	1.5323E-05 ± 3.4984E-08	1.5170E-05 ± 1.3812E-07
2	1.5255E-05 ± 3.4829E-08	
3	1.5021E-05 ± 3.4294E-08	
4	1.5225E-05 ± 3.4759E-08	
5	1.5027E-05 ± 3.4309E-08	

Tabla No. 119: Densidades particulares y promedio para la segunda muestra de desechos no procesados y procesados.

No.	ρ {kg/m ³ }	ρ {kg/m ³ }	Tipo
6	983.4207 ± 8.9538	989.5841 ± 3.6493	NP ₂
7	987.8043 ± 8.9937		
8	992.4318 ± 9.0358		
9	990.1642 ± 9.0152		
10	989.9994 ± 9.0137		
11	993.6843 ± 9.0472	1,061.8665 ± 4.5105	P ₂
12	1,060.4273 ± 9.6549		
13	1,062.9124 ± 9.6775		
14	1,054.5210 ± 9.6011		
15	1,061.1458 ± 9.6614		
16	1,068.1332 ± 9.7251		
17	1,064.0594 ± 9.6880		

Tabla No. 120: Densidades particulares y promedio para la tercera muestra de desechos no procesados y procesados.

No.	ρ {kg/m ³ }	ρ {kg/m ³ }	Tipo
18	1,005.5761 ± 9.1555	1,012.0340 ± 6.1035	NP ₃
19	1,003.3942 ± 9.1356		
20	1,016.3011 ± 9.2531		
21	1,013.5259 ± 9.2279		
22	1,018.4171 ± 9.2724		
23	1,014.9893 ± 9.2412		
24	1,064.0067 ± 9.6875	1,067.0038 ± 1.9000	P ₃
25	1,065.5097 ± 9.7012		
26	1,068.2255 ± 9.7259		
27	1,067.0917 ± 9.7156		
28	1,068.9638 ± 9.7326		
29	1,068.2255 ± 9.7259		

Tabla No. 121: Densidades particulares y promedio para los lodos del biodigestor utilizados como agua en la prueba de laboratorio.

No.	ρ {kg/m ³ }	ρ {kg/m ³ }
30	999.6697 ± 9.1017	1,001.8 ± 2.8
31	1,004.1786 ± 9.1428	
32	1,004.2116 ± 9.1431	
33	997.2110 ± 9.0793	
34	1,003.1569 ± 9.1335	
35	1,002.6691 ± 9.1290	

Tabla No. 122: Densidades particulares y promedio para el estiércol de vaca utilizado como inóculo en la prueba de laboratorio.

No.	$\rho \text{ \{kg/m}^3\}$	$\rho \text{ \{kg/m}^3\}$
36	1,010.8364 \pm 9.2034	1,012.7107 \pm 1.3142
37	1,012.8008 \pm 9.2213	
38	1,013.7369 \pm 9.2298	
39	1,012.2339 \pm 9.2161	
40	1,014.5674 \pm 9.2374	
41	1,012.0889 \pm 9.2148	

Tabla No. 123: Densidades particulares y promedio para los reactores tipo A&B.

No.	$\rho \text{ \{kg/m}^3\}$	$\rho \text{ \{kg/m}^3\}$
42	1,029.3663 \pm 9.3721	1,030.6242 \pm 3.2600
43	1,027.8567 \pm 9.3583	
44	1,033.3016 \pm 9.4079	
45	1,031.5218 \pm 9.3917	
46	1,026.6174 \pm 9.3471	
47	1,035.0814 \pm 9.4241	

Tabla No. 124: Densidades particulares y promedio para los reactores tipo C&D.

No.	$\rho \text{ \{kg/m}^3\}$	$\rho \text{ \{kg/m}^3\}$
48	1,018.5608 \pm 9.2737	1,020.3132 \pm 4.7941
49	1,028.1191 \pm 9.3607	
50	1,021.8897 \pm 9.3040	
51	1,019.5232 \pm 9.2825	
52	1,020.3868 \pm 9.2903	
53	1,013.3994 \pm 9.2267	

Tabla No. 125: Densidades particulares y promedio para los reactores tipo E&F.

No.	ρ {kg/m ³ }	ρ {kg/m ³ }
54	1,016.1297 \pm 9.2516	1,015.3134 \pm 5.1770
55	1,017.7645 \pm 9.2665	
56	1,017.9095 \pm 9.2678	
57	1,021.8844 \pm 9.3040	
58	1,008.8654 \pm 9.1854	
59	1,009.3269 \pm 9.1896	

Tabla No. 126: Sólidos totales promedio para las tres muestras de desechos, el inóculo y agua utilizada en las pruebas de laboratorio, y cada uno de los tipos de reactores.

Tipo	ST
P ₁	29.93% \pm 1.92%
NP ₁	9.59% \pm 0.41%
P ₂	29.94% \pm 0.44%
NP ₂	9.55% \pm 0.35%
P ₃	38.32% \pm 1.09%
NP ₃	12.50% \pm 0.86%
i	13.25% \pm 1.16%
w	0.24% \pm 0.08%
A&B	11.00% \pm 0.31%
C&D	11.28% \pm 0.31%
E&F	12.28% \pm 0.80%

Tabla No. 127: Sólidos volátiles para las tres muestras de desechos y cada uno de los tipos de reactores.

Tipo	SV
P ₁	96.51% ± 0.01%
NP ₁	94.09% ± 0.02%
P ₂	95.56% ± 0.01%
NP ₂	92.63% ± 0.02%
P ₃	96.20% ± 0.01%
NP ₃	83.62% ± 0.01%
A&B	95.35% ± 0.01%
C&D	90.66% ± 0.01%
E&F	83.51% ± 0.02%

Tabla No. 128: Información calculada para la estimación de cantidad de DO procesados y no procesados, inóculo y agua para la prueba de laboratorio en un reactor de 3.78L.

Tipo	m _D {kg}	P	NP	m _P {kg}	m _{NP} {kg}	m _D ST _D {kg}	m _w {kg}	m _i {kg}	m _T {kg}	ST _D
A	0.94	1.00	0.00	0.94	0.00	0.29	2.45	0.21	3.61	0.08
B	0.94	1.00	0.00	0.94	0.00	0.29	2.45	0.21	3.61	0.08
C	1.43	0.50	0.50	0.71	0.71	0.28	1.87	0.21	3.51	0.08
D	1.43	0.50	0.50	0.71	0.71	0.28	1.87	0.21	3.51	0.08
E	3.23	0.00	1.00	0.00	3.23	0.28	0.08	0.21	3.52	0.08
F	3.23	0.00	1.00	0.00	3.23	0.28	0.08	0.21	3.52	0.08

Tabla No. 129: Información calculada para la estimación de cantidad de DO procesados y no procesados, inóculo y agua para la prueba de laboratorio en un reactor de 3.78L.

Tipo	ST _P {kg}	ST _{NP} {kg}	ST _i {kg}	ST	V {m ³ }	%V
A	0.29	0.00	0.03	0.09	3.28E-03	0.87
B	0.29	0.00	0.03	0.09	3.28E-03	0.87
C	0.22	0.06	0.03	0.09	3.19E-03	0.84
D	0.22	0.06	0.03	0.09	3.19E-03	0.84
E	0.00	0.28	0.03	0.09	3.20E-03	0.85
F	0.00	0.28	0.03	0.09	3.20E-03	0.85

Tabla No. 130: Masa requerida de cada componente para realizar la mezcla de la prueba de laboratorio en un reactor de 3.78L.

Tipo	m _P {kg}	m _{NP} {kg}	m _w {kg}	m _i {kg}
A&B	1.88	0.00	4.91	0.43
C&D	1.43	1.43	3.75	0.42
E&F	0.00	6.47	0.16	0.42

Tabla No. 131: Masa requerida de cada componente para realizar la mezcla de la prueba de laboratorio en un reactor de 2.60.

Tipo	m _P {kg}	m _{NP} {kg}	m _w {kg}	m _i {kg}
A&B	1.49	0.00	3.89	0.34
C&D	1.13	1.13	2.97	0.33
E&F	0.00	5.13	0.12	0.33

Tabla No. 132: Fracciones másicas de cada componente en cada tipo de reactor.

No.	x _P {%m/m}	x _{NP} {%m/m}	x _w {%m/m}	x _i {%m/m}
A&B	26.22% ± 0.20%	0.00% ± 0.00%	67.83% ± 0.29%	5.94% ± 0.18%
C&D	20.36% ± 0.19%	20.36% ± 0.19%	53.21% ± 0.26%	6.07% ± 0.18%
E&F	0.00% ± 0.00%	91.76% ± 0.37%	2.15% ± 0.18%	6.09% ± 0.18%

Tabla No. 133: Cantidades de masa contenidas por reactor en cada tipo de reactor de la prueba de laboratorio.

No.	m_R {kg}	m_P {kg}	m_{NP} {kg}	m_w {kg}	m_i {kg}
A&B	2.05 ± 0.01	0.54 ± 4.39E-03	0.00 ± 0.00	1.39 ± 7.49E-03	0.12 ± 3.62E-03
C&D	2.03 ± 0.01	0.41 ± 4.36E-03	0.41 ± 4.36E-03	1.08 ± 7.34E-03	0.12 ± 3.69E-03
E&F	2.02 ± 0.01	0.00 ± 0.00	1.85 ± 1.21E-02	0.04 ± 3.62E-03	0.12 ± 3.69E-03

Tabla No. 134: Sólidos totales en cada tipo de reactores.

No.	ST
A&B	11.00% ± 0.31%
C&D	11.28% ± 0.31%
E&F	12.28% ± 0.80%

Tabla No. 135: Rango y amplitud utilizados para la edificación del histograma de frecuencias de producción total diaria de desechos orgánicos.

Rango {kg}	2,621.76
Amplitud {kg}	104.87

Tabla No. 136: Límite inferior y superior, media, frecuencia absoluta, frecuencia relativa y frecuencia relativa acumulada para cada intervalo del histograma de frecuencias de producción total diaria de DO.

L.I.	L.S.	X	F	f	f _A
32.21	137.08	84.64	11	0.0663	0.0663
137.53	242.40	189.96	21	0.1265	0.1928
242.85	347.72	295.29	15	0.0904	0.2831
348.18	453.05	400.61	11	0.0663	0.3494
453.50	558.37	505.94	18	0.1084	0.4578
558.83	663.70	611.26	22	0.1325	0.5904
664.15	769.02	716.58	19	0.1145	0.7048
769.47	874.3439	821.91	26	0.1566	0.8614
874.80	979.67	927.23	6	0.0361	0.8976
980.12	1,084.99	1,032.56	8	0.0482	0.9458
1,085.45	1,190.32	1,137.88	2	0.0120	0.9578
1,190.77	1,295.64	1,243.20	1	0.0060	0.9639
1,296.09	1,400.96	1,348.53	0	0.0000	0.9639
1,401.42	1,506.29	1,453.85	0	0.0000	0.9639
1,506.74	1,611.61	1,559.18	3	0.0181	0.9819
1,612.07	1,716.94	1,664.50	0	0.0000	0.9819
1,717.39	1,822.26	1,769.83	0	0.0000	0.9819
1,822.71	1,927.58	1,875.15	0	0.0000	0.9819
1,928.04	2,032.91	1,980.47	0	0.0000	0.9819
2,033.36	2,138.23	2,085.80	0	0.0000	0.9819
2,138.69	2,243.56	2,191.12	2	0.0120	0.9940
2,244.01	2,348.88	2,296.45	0	0.0000	0.9940
2,349.33	2,454.20	2,401.77	0	0.0000	0.9940
2,454.66	2,559.53	2,507.09	0	0.0000	0.9940
2,559.98	2,664.85	2,612.42	1	0.0060	1.0000

Figura No. 87 Histograma de frecuencias (F) de cantidad de desechos generados diariamente en zafra 2011-12.

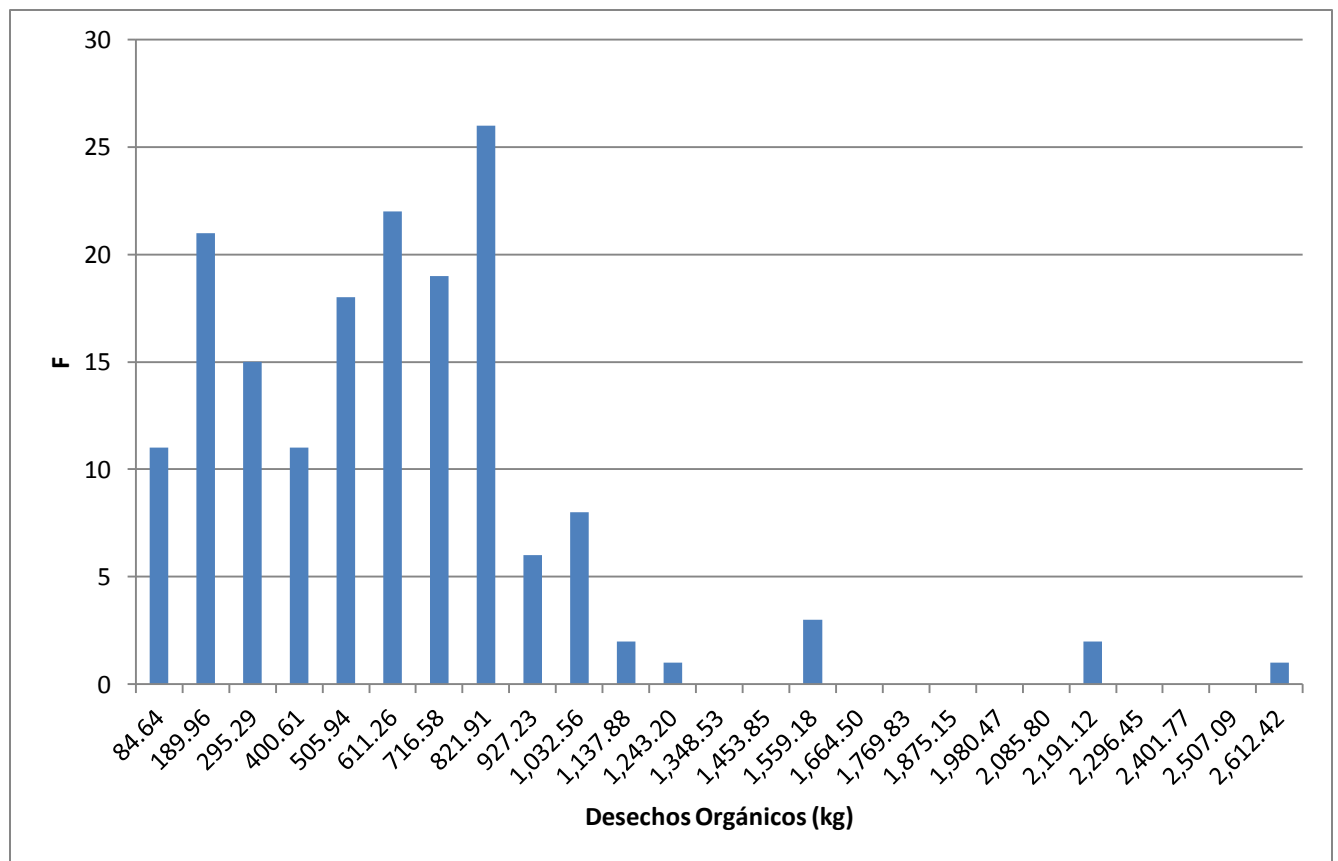


Tabla No. 137: Límite inferior y superior, media, frecuencia absoluta, frecuencia relativa y frecuencia relativa acumulada para cada intervalo del histograma de frecuencias de proporción de desechos procesados producidos diariamente.

L.I.	L.S.	X	F	f	f _A
0%	5%	3%	0	0.0000	0.0000
6%	10%	8%	1	0.0029	0.0029
11%	15%	13%	2	0.0058	0.0088
16%	20%	18%	1	0.0029	0.0117
21%	25%	23%	0	0.0000	0.0117
26%	30%	28%	2	0.0058	0.0175
31%	35%	33%	3	0.0088	0.0263
36%	40%	38%	3	0.0088	0.0351
41%	45%	43%	4	0.0117	0.0468
46%	50%	48%	11	0.0322	0.0789
51%	55%	53%	21	0.0614	0.1404
56%	60%	58%	23	0.0673	0.2076
61%	65%	63%	25	0.0731	0.2807
66%	70%	68%	49	0.1433	0.4240
71%	75%	73%	20	0.0585	0.4825
76%	80%	78%	24	0.0702	0.5526
81%	85%	83%	25	0.0731	0.6257
86%	90%	88%	24	0.0702	0.6959
91%	95%	93%	27	0.0789	0.7749
96%	100%	98%	77	0.2251	1.0000

Figura No. 88 Histograma de frecuencias (F) de fracción másica de Desechos Orgánicos Procesados generados diariamente.

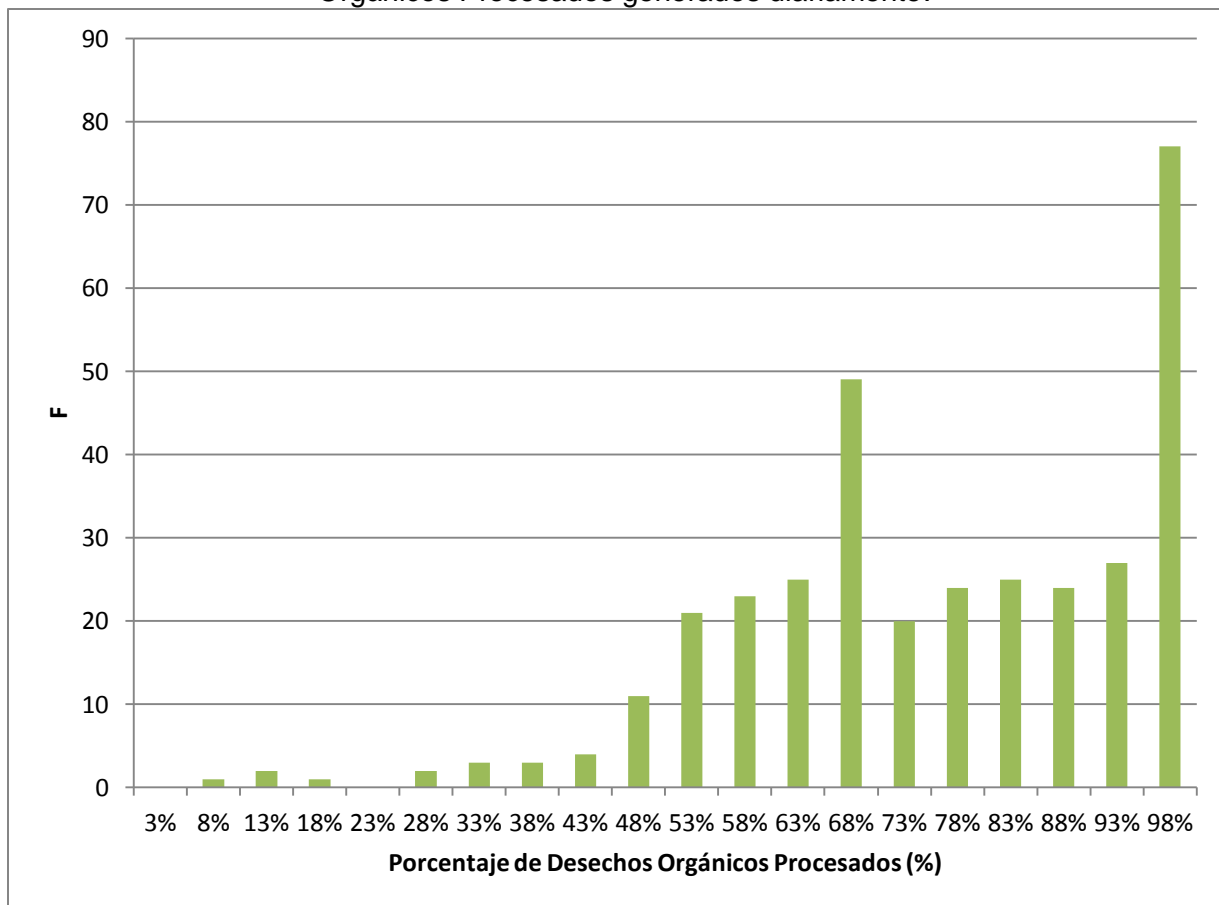


Tabla No. 138: Sólidos totales teóricos y experimentales para diferentes proporciones agua/desecho no procesado.

Ag/D	ST_{Exp}	ST_{Teo}
0	10.76% ± 0.01%	10.55% ± 1.69%
0.5	8.63% ± 0.13%	7.03% ± 1.13%
1	6.50% ± 0.15%	5.27% ± 0.84%
2	4.07% ± 0.02%	3.52% ± 0.56%

Figura No. 89 Disminución de sólidos totales en desechos orgánicos no procesados respecto al agua agregada.

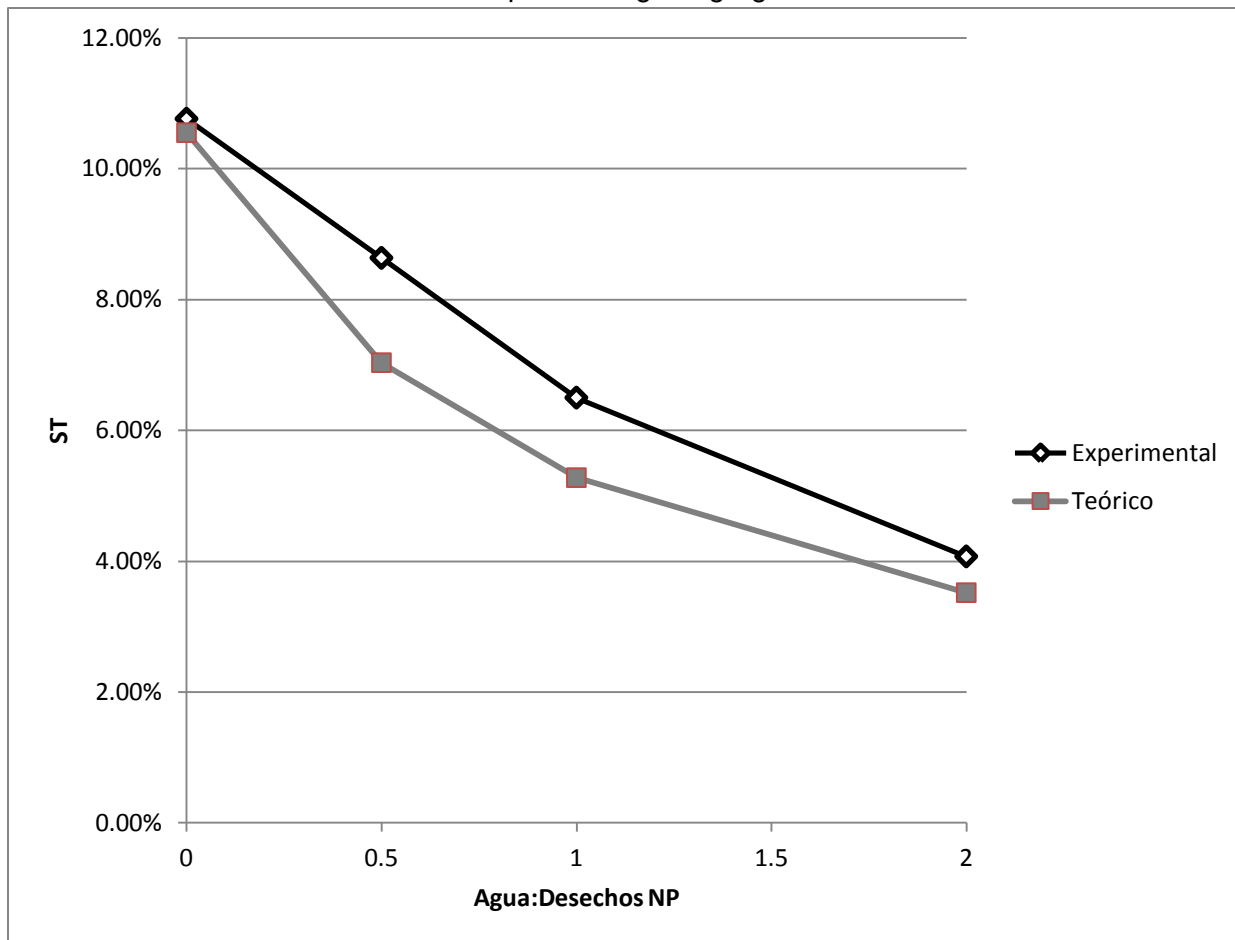


Tabla No. 139: Densidades parciales y promedio para cada mezcla con diferente proporción desecho no procesado/agua.

No.	Relación D _{NP} :Ag	ρ {kg/m ³ }	ρ {kg/m ³ }
126	2:1	1,021.4217 ± 9.29999	1,012.0140 ± 6.3843
127		1,005.3638 ± 9.15379	
128		1,004.8233 ± 9.14887	
129		1,010.7362 ± 9.2027	
130		1,014.0256 ± 9.23265	
131		1,015.7131 ± 9.24802	
132	1:1	1,009.3664 ± 9.19023	1,014.6870 ± 10.2802
133		1,002.1417 ± 9.12446	
134		1,006.5767 ± 9.16483	
135		1,025.2859 ± 9.33517	
136		1,017.5602 ± 9.26483	
137		1,027.1909 ± 9.35252	
138	1:2	1,016.9010 ± 9.25883	1,016.6230 ± 6.8412
139		1,017.1106 ± 9.26074	
140		1,028.9167 ± 9.36823	
141		1,008.6070 ± 9.18332	
142		1,012.4303 ± 9.21813	
143		1,015.7724 ± 9.24856	

Tabla No. 140: Caudales por corrida y promedio de la bomba centrífuga en la prueba de laboratorio.

Corrida	Caudal (10 ⁴ m ³ /s)
1	3.409 ± 0.021
2	3.705 ± 0.026
3	3.737 ± 0.028
4	3.753 ± 0.024
5	3.750 ± 0.025
	Promedio (10⁴ m³/s)
	3.671 ± 0.147

Tabla No. 141: Caudal utilizado y porcentaje del máximo caudal.

Caudal utilizado ($10^4 \text{ m}^3/\text{s}$)	Porcentaje del máximo caudal (%)
1.122	$32.91 \pm 0.20 \%$

Tabla No. 142: Volúmenes promedio de biogás producido por tipo de reactor en la prueba de laboratorio.

Tiempo entre medidas (h)	Volúmenes promedio (10^6 m^3)		
	A-B	C-D	E-F
0.00	0 \pm 0	0 \pm 0	0 \pm 0
12.75	188 \pm 18	225 \pm 35	213 \pm 53
23.75	138 \pm 18	163 \pm 18	175 \pm 35
24.83	150 \pm 35	113 \pm 18	625 \pm 177
23.17	63 \pm 18	113 \pm 53	738 \pm 159
25.00	63 \pm 18	63 \pm 18	938 \pm 18
61.00	113 \pm 18	125 \pm 35	5950 \pm 141
13.00	38 \pm 18	125 \pm 35	2050 \pm 71
24.50	100 \pm 71	63 \pm 18	5650 \pm 141
25.00	163 \pm 53	100 \pm 35	5313 \pm 194
23.17	75 \pm 35	63 \pm 18	4825 \pm 35
24.20	175 \pm 35	125 \pm 35	4625 \pm 106
61.00	150 \pm 71	188 \pm 88	9200 \pm 354
12.50	113 \pm 18	13 \pm 18	1400 \pm 71
24.10	100 \pm 35	200 \pm 35	1338 \pm 124
24.50	75 \pm 35	138 \pm 18	663 \pm 53
25.00	88 \pm 18	113 \pm 18	838 \pm 301
23.75	100 \pm 35	138 \pm 18	675 \pm 35

Tabla No. 143: Velocidad promedio de producción de biogás por tipo de reactor en la prueba de laboratorio.

Tiempo acumulado (h)	Velocidad promedio de producción (10^6 m ³ /h)		
	A-B	C-D	E-F
0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
12.75	14.71 ± 1.39	17.65 ± 2.77	16.67 ± 4.16
36.50	5.79 ± 0.74	6.84 ± 0.74	7.37 ± 1.49
61.33	6.04 ± 1.42	4.53 ± 0.71	25.17 ± 7.12
84.50	2.70 ± 0.76	4.86 ± 2.29	31.83 ± 6.87
109.50	2.50 ± 0.71	2.50 ± 0.71	37.50 ± 0.71
170.50	1.84 ± 0.29	2.05 ± 0.58	97.54 ± 2.32
183.50	2.88 ± 1.36	9.62 ± 2.72	157.69 ± 5.44
208.00	4.08 ± 2.89	2.55 ± 0.72	230.61 ± 5.77
233.00	6.50 ± 2.12	4.00 ± 1.41	212.50 ± 7.78
256.17	3.24 ± 1.53	2.70 ± 0.76	208.24 ± 1.53
280.37	7.23 ± 1.46	5.17 ± 1.46	191.12 ± 4.38
341.37	2.46 ± 1.16	3.07 ± 1.45	150.82 ± 5.80
353.87	9.00 ± 1.41	1.00 ± 1.41	112.00 ± 5.66
377.97	4.15 ± 1.47	8.30 ± 1.47	55.50 ± 5.13
402.47	3.06 ± 1.44	5.61 ± 0.72	27.04 ± 2.16
427.47	3.50 ± 0.71	4.50 ± 0.71	33.50 ± 12.02
451.22	4.21 ± 1.49	5.79 ± 0.74	28.42 ± 1.49

Tabla No. 144: Temperatura del biogás en el reservorio a diferentes tiempos en la prueba de laboratorio.

Tiempo acumulado (h)	Temperatura biogás (± 0.1K)
0.00	295.4
12.75	301.5
36.50	301.7
61.33	301.8
84.50	301.7
109.50	301.6
170.50	301.6
183.50	301.7
208.00	301.5
233.00	301.6
256.17	301.7
280.37	301.7
341.37	301.7
353.87	301.6
377.97	301.8
402.47	301.7
427.47	301.7
451.22	301.6

Tabla No. 145: Volúmenes promedio corregidos de biogás producido por tipo de reactor en la prueba de laboratorio.

Tiempo acumulado (h)	Volúmenes promedio corregidos (10^6 m ³)		
	A-B	C-D	E-F
0.00	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
17.68	158 ± 15	190 ± 30	179 ± 45
35.36	116 ± 15	137 ± 15	148 ± 30
70.71	126 ± 30	95 ± 15	527 ± 149
88.39	53 ± 15	95 ± 45	622 ± 134
106.07	53 ± 15	53 ± 15	791 ± 15
123.74	95 ± 15	105 ± 30	5018 ± 119
141.42	32 ± 15	105 ± 30	1728 ± 60
212.13	84 ± 60	53 ± 15	4766 ± 119
265.17	137 ± 45	84 ± 30	4480 ± 164
300.52	63 ± 30	53 ± 15	4068 ± 30
335.88	148 ± 30	105 ± 30	3900 ± 89
406.59	126 ± 60	158 ± 75	7757 ± 298
424.26	95 ± 15	11 ± 15	1181 ± 60
459.62	84 ± 30	169 ± 30	1127 ± 104
494.97	63 ± 30	116 ± 15	559 ± 45
512.65	74 ± 15	95 ± 15	706 ± 253
548.01	84 ± 30	116 ± 15	569 ± 30
		Total	38124 ± 498

Tabla No. 146: Velocidad promedio de producción de biogás corregida por tipo de reactor en la prueba de laboratorio.

Tiempo acumulado (h)	Velocidad promedio de producción corregida ($10^6 \text{ m}^3/\text{h}$)		
	A-B	C-D	E-F
0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
12.75	12.41 ± 1.17	14.89 ± 2.34	14.06 ± 3.51
36.50	4.88 ± 0.63	5.77 ± 0.63	6.21 ± 1.25
61.33	5.09 ± 1.20	3.82 ± 0.60	21.21 ± 6.00
84.50	2.27 ± 0.64	4.09 ± 1.93	26.84 ± 5.79
109.50	2.11 ± 0.60	2.11 ± 0.60	31.62 ± 0.60
170.50	1.56 ± 0.24	1.73 ± 0.49	82.26 ± 1.96
183.50	2.43 ± 1.15	8.11 ± 2.29	132.96 ± 4.59
208.00	3.44 ± 2.43	2.15 ± 0.61	194.54 ± 4.87
233.00	5.48 ± 1.79	3.37 ± 1.19	179.20 ± 6.56
256.17	2.73 ± 0.00	2.27 ± 0.00	175.55 ± 1.29
280.37	6.10 ± 0.00	4.36 ± 0.00	161.14 ± 3.70
341.37	2.07 ± 1.00	2.59 ± 1.00	127.16 ± 4.89
353.87	7.59 ± 2.00	0.84 ± 2.00	94.46 ± 4.77
377.97	3.50 ± 3.00	6.99 ± 3.00	46.78 ± 4.33
402.47	2.58 ± 4.00	4.73 ± 4.00	22.80 ± 1.83
427.47	2.95 ± 5.00	3.79 ± 5.00	28.24 ± 10.13
451.22	3.57 ± 6.00	4.88 ± 6.00	23.97 ± 1.26

Tabla No. 147: Volumen corregido de biogás acumulado por tipo de reactor en la prueba de laboratorio.

Tiempo acumulado (h)	Volúmenes acumulados corregidos (10^6 m^3)		
	A-B	C-D	E-F
0.00	0 ± 0	0 ± 0	0 ± 0
17.65	158 ± 15	190 ± 30	179 ± 30
24.49	274 ± 21	327 ± 33	327 ± 45
29.02	401 ± 37	422 ± 37	854 ± 58
33.88	453 ± 39	516 ± 58	1475 ± 82
36.38	506 ± 42	569 ± 60	2266 ± 101
38.42	601 ± 45	675 ± 67	7283 ± 156
48.04	632 ± 47	780 ± 73	9012 ± 167
50.59	717 ± 76	833 ± 75	13778 ± 206
54.59	854 ± 88	917 ± 80	18258 ± 263
57.29	917 ± 93	970 ± 82	22326 ± 265
62.45	1065 ± 98	1075 ± 87	26225 ± 279
65.53	1191 ± 115	1233 ± 114	33982 ± 409
66.53	1286 ± 115	1244 ± 115	35163 ± 413
74.83	1370 ± 119	1412 ± 119	36290 ± 426
80.44	1433 ± 123	1528 ± 120	36849 ± 428
84.94	1507 ± 124	1623 ± 121	37555 ± 498
90.73	1592 ± 127	1739 ± 122	38124 ± 498

Tabla No. 148: Potencial de producción de biogás de los desechos orgánicos en la prueba de laboratorio.

Sustrato	Tiempo de retención (h)	Potencial ($\text{m}^3/\text{kg VS}$)
Procesados	451.22	0.017 ± 0.001
50% Procesados – 50% No procesados	451.22	0.053 ± 0.004
No procesados	451.22	0.411 ± 0.013

Tabla No. 149: Balance de masa del biodigestor.

Flujo de biogás (kg/día)	156.66 ± 13.05
Flujo de desechos (kg/día)	874.34
Flujo de agua (kg/día)	874.34 ± 118.10
Flujo de efluente (kg/día)	1592.02 ± 32.38
Concentración de sólidos en la entrada (%)	13.69
Concentración de sólidos en el efluente (%)	5.197 ± 0.14

Tabla No. 150: Dimensionamiento del biodigestor y diámetro de tubería para transportar biogás.

Tiempo de retención (días)	34
V_L (m³)	56.67 ± 7.65
V_G (m³)	18.89 ± 2.55
V_R (m³)	75.56 ± 8.07
D (m)*	3.12 ± 0.14
H_L (m)*	2.18 ± 0.28
L (m)*	10.90 ± 0.49
H_G (m)*	1.56 ± 0.07
Diámetro tubería biogás (m)	0.03175

* Ver esquemas de las figuras No. 84 y 85

Tabla No. 151: Dimensiones calculadas para el tanque de entrada.

Largo (m)	1.25 ± 0.10
Ancho (m)	0.86 ± 0.04
Alto (m)	0.86 ± 0.04
Volumen (m³)	0.92 ± 0.06

Tabla No. 152: Dimensiones calculadas para el tanque de salida.

Largo (m)	1.40 ± 0.20
Ancho (m)	1.09 ± 0.14
Alto (m)	1.09 ± 0.14
Volumen (m³)	1.67 ± 0.11

Tabla No. 153: Datos calculados del adsorbedor de H₂S.

Diámetro mínimo 1 (m)	0.192 ± 0.001
Diámetro mínimo 2 (m)	0.273 ± 0.011
Diámetro máximo (m)	0.429 ± 0.018
Diámetro real (m)	0.2794
Altura empacada (m)	3.05
Altura del adsorbedor (m)	3.66
Tiempo de saturación (días)	26 ± 2
Volumen de viruta (m³)	0.188
Masa de viruta (kg)	48.3
Flux másico (kg/m²s)	0.02957 ± 0.00246
Caída de presión (Pa)	2.06 ± 0.17

Tabla No. 154: Datos calculados del reservorio de biogás.

Capacidad reservorio (m³)	16.66 ± 1.39
Diámetro lona (m)	2.77 ± 0.23
Largo lona (m)	2.77 ± 0.23
Diámetro tanque (m)	2.83 ± 0.23
Largo tanque (m)	3.05 ± 0.25
Masa del contrapeso (kg)	301.3 ± 25
Altura de la plancha de concreto (m)	0.021 ± 0.002

E. Análisis estadístico

Cálculo No. 12 Producción de desechos diaria a utilizar como base en la planta piloto.

Debido a que la producción total de desechos sólidos orgánicos tuvo un rango de variación de 2,621.76kg/día, se construyó un histograma con las frecuencias absolutas para las que se produjo una cantidad másica en intervalos de 104.87kg, con un total de 25 intervalos. El análisis se realizó para el período de zafra del año 2,011 al 2,012 para un total de 166 días.

De acuerdo al histograma de la Figura No. 16, en el rango de 769.47kg/día a 874.34kg/día se encontró la frecuencia más alta, mientras que en intervalos menores la frecuencia fue baja pero significativa. Se determinó el flujo diario como 874.34kg (límite superior) dado a que la frecuencia acumulada en este intervalo fue de 0.8614.

Cálculo No. 13 Proporción másica diaria de desechos procesados

En intervalos de 5%, se obtuvo la frecuencia absoluta para cada uno de ellos, y se notó (ver Figura No. 15). El análisis se realizó para los tres períodos: mantenimiento 2,011 al 2,012, zafra 2,011 al 2,012 y cierta parte del período de mantenimiento del 2,012 al 2,013, para un total de 342 días.

La tendencia de la proporción másica diaria casi exclusivamente de desechos procesados se observó, sin embargo en el intervalo de 66-70% también se observó una frecuencia absoluta significativa, por lo que para obtener la proporción másica diaria de desechos procesados se utilizó un promedio ponderado con las frecuencias relativas de la media de cada intervalo, de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 x_P = & (3\% \cdot 0.0000) + (8\% \cdot 0.0029) + (13\% \cdot 0.0058) + (18\% \cdot 0.0029) + (23\% \cdot 0.0000) \\
 & + (28\% \cdot 0.0058) + (33\% \cdot 0.0088) + (38\% \cdot 0.0088) + (43\% \cdot 0.0117) \\
 & + (48\% \cdot 0.0322) + (53\% \cdot 0.0614) + (58\% \cdot 0.0673) + (63\% \cdot 0.0731) \\
 & + (68\% \cdot 0.1433) + (73\% \cdot 0.0585) + (78\% \cdot 0.0702) + (83\% \cdot 0.0731) \\
 & + (88\% \cdot 0.0702) + (93\% \cdot 0.0789) + (98\% \cdot 0.2251) = 75.88\%
 \end{aligned}$$

Por lo que la fracción másica de desechos no procesados fue:

$$x_{NP} = 100.00\% - 75.88\% = 24.12\%$$

Cálculo No. 14 Propagación de error para sumas y restas

Este tipo de propagación de error se calcula para cálculos que tienen la forma de la siguiente operación:

$$y = a + b - c$$

Ecuación No. 47

en donde a, b, y c son valores que se suman y/o restan y y es el valor resultante de la operación.

La desviación estándar absoluta para operaciones de la forma de la ecuación anterior es:

$$S_y = \sqrt{S_a^2 + S_b^2 + S_c^2}$$

Ecuación No. 48

En donde S_a , S_b , y S_c son las desviaciones estándar de a, b, y c, respectivamente.

La ecuación anterior se utilizó para calcular la desviación estándar en todas las operaciones que involucraban sumas y restas. A continuación se muestra un ejemplo para el volumen total del biodigestor.

$$S_y = \sqrt{(7.65 \text{ m}^3)^2 + (2.55 \text{ m}^3)^2} = 8.07 \text{ m}^3$$

1. Propagación de error para multiplicaciones y divisiones. Este tipo de propagación de error se calcula para cálculos que tienen la forma de la siguiente operación:

$$y = \frac{a \times b}{c}$$

Ecuación No. 49

En donde a, b, y c son valores que se multiplican y/o dividen y y es el valor resultante de la operación.

La desviación estándar absoluta para operaciones de la forma de la ecuación anterior es:

$$\frac{S_y}{y} = \sqrt{\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2 + \left(\frac{S_c}{c}\right)^2}$$

Ecuación No. 50

En donde S_a , S_b , S_c , y S_y son las desviaciones estándar de a, b, c, y y, respectivamente.

La ecuación anterior se utilizó para calcular la desviación estándar en todas las operaciones que involucraban multiplicación y división. A continuación se muestra un ejemplo para el caudal de la bomba centrífuga utilizada en el sistema a nivel laboratorio.

$$S_y = 3.409 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \sqrt{\left(\frac{10mL}{1725mL}\right)^2 + \left(\frac{0.01s}{5.06s}\right)^2} = 0.021 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

2. Propagación de error para potenciación. Este tipo de propagación de error se calcula para cálculos que tienen la forma de la siguiente operación:

$$y = a^x$$

Ecuación No. 51

En donde a es un valor elevado a un exponente x y y es el resultado de la operación.

La desviación estándar absoluta para operaciones de la forma de la ecuación anterior es:

$$S_y = xy \left(\frac{S_a}{a} \right)$$

Ecuación No. 52

En donde S_a es la desviación estándar de a .

La ecuación anterior se utilizó para calcular la desviación estándar en todas las operaciones que involucraban potenciación. A continuación se muestra un ejemplo para el diámetro del biodigestor a nivel de planta piloto.

Utilizando el método de propagación de error para multiplicaciones y divisiones, el cálculo del diámetro se reduce a:

$$D = (30.23616 \pm 4.0816)^{1/3}$$

Aplicando la ecuación anterior:

$$S_y = (1/3)(3.115 \text{ m}) \left(\frac{4.0816}{30.23616} \right) = 0.140 \text{ m}$$

3. Media aritmética. La meda aritmética es:

$$\bar{x} = \frac{\sum X_i}{N}$$

Ecuación No. 53

En donde X_i es el valor obtenido en cada corrida y N es el número de corridas.

La ecuación anterior se utilizó para calcular todas las medias aritméticas en este trabajo. A continuación, se muestra un ejemplo para el caudal promedio entregado por la bomba para el sistema a nivel laboratorio.

$$\begin{aligned} &= \frac{\bar{x} [(3.409 \pm 0.021) + (3.705 \pm 0.026) + (3.737 \pm 0.028) + (3.753 \pm 0.024) + (3.750 \pm 0.025)] \times 10^{-4}}{5} \\ &= 3.671 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s} \end{aligned}$$

4. Desviación estándar de la media aritmética. Asumiendo una distribución normal, la desviación estándar de la muestra es:

$$S = \sqrt{\frac{\sum d^2}{N - 1}}$$

Ecuación No. 54

En donde d es la desviación de la media de cada corrida y N es el número de corridas.

La ecuación anterior se utilizó para calcular todas las desviaciones estándar de las medias aritméticas. A continuación, se muestra un ejemplo de la desviación estándar de la media calculada en la subsección anterior.

$$S = \sqrt{\frac{[(3.409 - 3.671)^2 + (3.705 - 3.671)^2 + (3.737 - 3.671)^2 + (3.753 - 3.671)^2 + (3.750 - 3.671)^2] \times 10^{-4}}{4}}$$

$$= 0.147 \times 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

F. Análisis económico de la planta de biogás

1. Contenido energético en un cilindro de gas LPG de 100 libras

$$\begin{aligned} & \text{Energía en cada cilindro} \\ &= \frac{100 \text{ lb}_{LPG}}{1 \text{ cilindro}_{LPG}} \times \left(\frac{1 \text{ kg}}{2.2046 \text{ lb}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}_{LPG}} \right) \times \left(\frac{46.15 \text{ GJ}}{1 \text{ ton}} \right) \\ & \times \left(\frac{1,000,000 \text{ kJ}}{1 \text{ GJ}} \right) = 2,093,350.27 \frac{\text{kJ}}{\text{cilindro}_{LPG}} \end{aligned}$$

2. Cálculo de la energía requerida diariamente en la cocina industrial

Energía requerida

$$= \frac{70 \text{ gal}_{LPG}}{1 \text{ día}} \times \left(\frac{3.7854 \text{ L}}{1 \text{ gal}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) \times \left(\frac{522.2 \text{ kg}_{LPG}}{1 \text{ m}^3} \right) \times \left(\frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}_{LPG}} \right) \\ \times \left(\frac{46.15 \text{ GJ}}{1 \text{ ton}} \right) \times \left(\frac{1,000,000 \text{ kJ}}{1 \text{ GJ}} \right) = 6,385,845.26 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

3. Cálculo de la energía producida por día generada a partir del biogás*Energía producida por día*

$$= 133,230 \frac{\text{L}_{\text{biogás}}}{\text{día}} \times \left(\frac{53.70 \%_{\text{metano}}}{100 \%_{\text{biogás}}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) \times \left(\frac{0.68 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3_{\text{metano gas}}} \right) \\ \times \left(\frac{1000 \text{ g}_{\text{metano}}}{1 \text{ kg}_{\text{metano}}} \right) \times \left(\frac{50.1 \text{ kJ}}{1 \text{ g}_{\text{metano}}} \right) = 2,437,378.37 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}$$

4. Cálculo de la cantidad de cilindros de gas LPG necesarios por día para cubrir demanda diaria de la cocina industrial

$$\text{Cilindros necesarios} = \frac{6,385,845.26 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}}{2,093,350.27 \frac{\text{kJ}}{\text{cilindro}_{LPG}}} = 3.05 \frac{\text{cilindro}_{LPG}}{\text{día}}$$

5. Cálculo de la cantidad equivalente de cilindros de gas LPG producidos por día a partir de la planta de biogás

$$\text{Cilindros equivalentes producidos} = \frac{2,437,378.37 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}}{2,093,350.27 \frac{\text{kJ}}{\text{cilindro}_{LPG}}} = 1.16 \frac{\text{cilindro}_{LPG}}{\text{día}}$$

6. Relación de cobertura de demanda diaria de energía en base a la producción diaria de biogás

$$\text{Relación cobertura de demanda} = \frac{6,385,845.26 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}}{2,437,378.37 \frac{\text{kJ}}{\text{día}}} = 0.38$$

Esto indica que se logra cubrir parcialmente la demanda, cubriendo el 38% de la demanda diaria.

7. Ahorro monetario por día debido al uso de biogás como sustituto del gas propano. La cantidad de cilindros de propano equivalentes cubierta con el biogás es de 1.16 cilindros de propano/día.

$$1.16 \frac{\text{cilindro}_{LPG}}{\text{día}} \times \left(\frac{Q 544}{1 \text{ cilindro}_{LPG}} \right) = 633.40 \frac{Q}{\text{día}}$$

Tabla No. 155: Biogás y energía producidos por día junto con propano ahorrado.

Biogás producido (Volumen)	133,230.00	L/día
Biogás producido (Masa)	156.66	kg/día
Energía metano producida	2,437,378.37	kJ/día
Cilindros de gas LPG ahorrados	1.16	cilindros/día
Costo ahorrado de cilindros de gas LPG	620.31	Q/día

8. Cálculo del costo de inversión

Tabla No. 156: Costo de los materiales y la instalación de la planta piloto de biogás.

Material	Unidad	Cantidad	Precio por unidad	Total
Cemento portland	Saco	35	Q70.00	Q2,450.00
Arena de río	m ³	5	Q120.00	Q600.00
Piedrín	m ³	5	Q190.00	Q950.00
Ladrillo tayuyo	Ciento	25	Q2,300.00	Q57,500.00
Tubería PVC 1/2"	6 metros	10	Q27.00	Q270.00

Tubería PVC 10" corrugado con empaque	6 metros	1	Q1,315.00	Q1,315.00
Reservorio metal	Tanque	2	Q20,000.00	Q40,000.00
Válvulas, pintura, bolsas y otros	N/A	1	Q5,000.00	Q5,000.00
Instalación	N/A	1	Q75,000.00	Q30,000.00
			Total	Q183,085.00

Los precios fueron obtenidos del Índice relativo de precios de materiales de construcción (INE, 2011), cotizaciones con diferentes proveedores y precios utilizados en el ingenio en diferentes construcciones realizadas.

9. Ubicación planta de producción de biogás

Figura No. 90 Ubicación de planta de producción de biogás en el Centro de Acopio.



10. Flujo de caja de la planta de reciclado de biogás.

Tabla No. 157: Flujo de caja con proyección a 10 años de la planta de producción de biogás.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro		Q228,024	Q228,024	Q228,024	Q228,024	Q228,024	Q228,024	Q228,024	Q228,024	Q228,024	Q228,024
Egresos		(Q150,000)	(Q150,000)	(Q150,000)	(Q150,000)	(Q150,000)	(Q150,000)	(Q150,000)	(Q150,000)	(Q150,000)	(Q150,000)
Depreciación		(Q18,308)	(Q32,955)	(Q26,364)	(Q21,091)	(Q16,880)	(Q13,493)	(Q11,992)	(Q11,992)	(Q11,992)	(Q17,997)
Utilidad antes de impuestos		Q59,716	Q45,069	Q51,660	Q56,933	Q61,144	Q64,531	Q66,032	Q66,032	Q66,032	Q60,027
Impuestos (31%)		(Q18,512)	(Q13,971)	(Q16,014)	(Q17,649)	(Q18,954)	(Q20,004)	(Q20,470)	(Q20,470)	(Q20,470)	(Q18,608)
Utilidad después de impuestos		Q41,204	Q31,098	Q35,645	Q39,284	Q42,189	Q44,526	Q45,562	Q45,562	Q45,562	Q41,419
Depreciación		Q18,308	Q32,955	Q26,364	Q21,091	Q16,880	Q13,493	Q11,992	Q11,992	Q11,992	Q17,997
Inversión	(Q183,085)										
Imprevistos (5%)	(Q9,154)										
Flujo de Caja	(Q192,239)	Q59,512	Q64,053	Q62,010	Q60,375	Q59,070	Q58,020	Q57,554	Q57,554	Q57,554	Q59,416

Tabla No. 158: Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno de la inversión y tiempo de retorno de la inversión de la planta de biogás con una tasa VAN del 15%.

VAN	TIR	Tiempo de retorno de la inversión (años)
Q109,188.53	28.97%	3.11

G. Figuras relacionadas

Figura No. 91 Imagen del sustrato del reactor B.



Figura No. 92 Imagen del sustrato del reactor C.



Figura No. 93 Imagen del sustrato del reactor F.



Figura No. 94 Imagen de la prueba para determinar la proporción D/Ag. De izquierda a derecha, relación de: 0, 0.5, 1 y 2.



Figura No. 95 Resultados de la cromatografía de gases con el detector de ionización de llama para el sexto día de la digestión anaerobia en el reactor B.

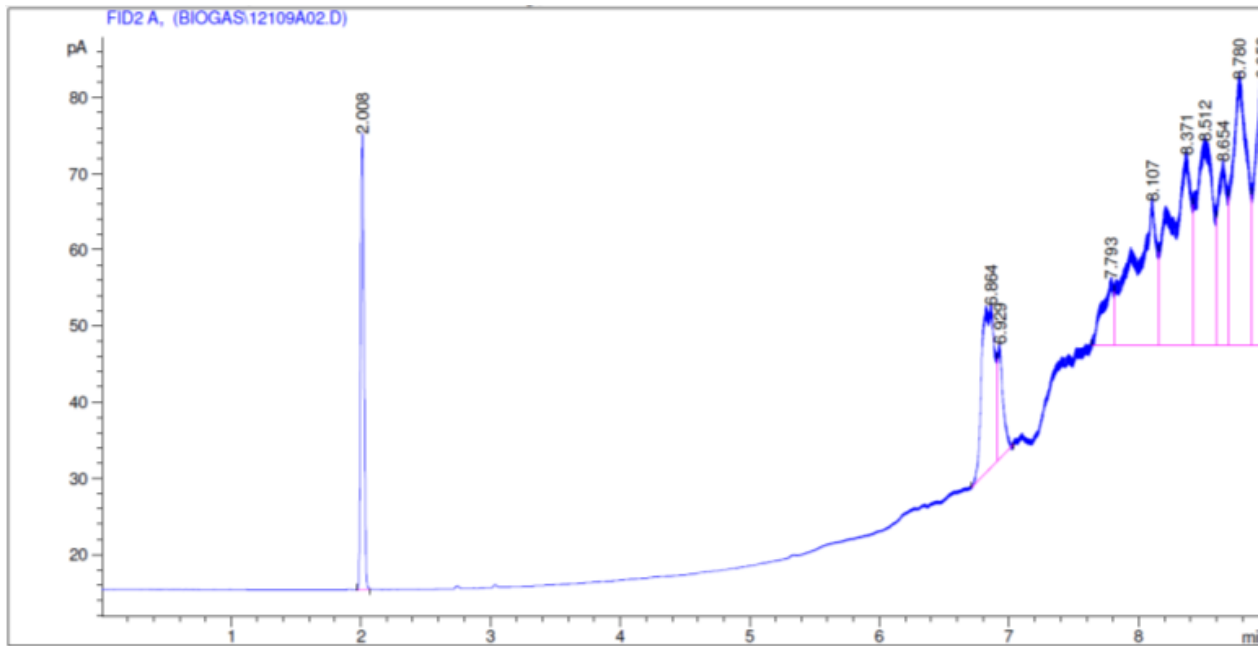


Figura No. 96 Resultados de la cromatografía de gases con el detector de conductividad térmica para el sexto día de la digestión anaerobia en el reactor B.

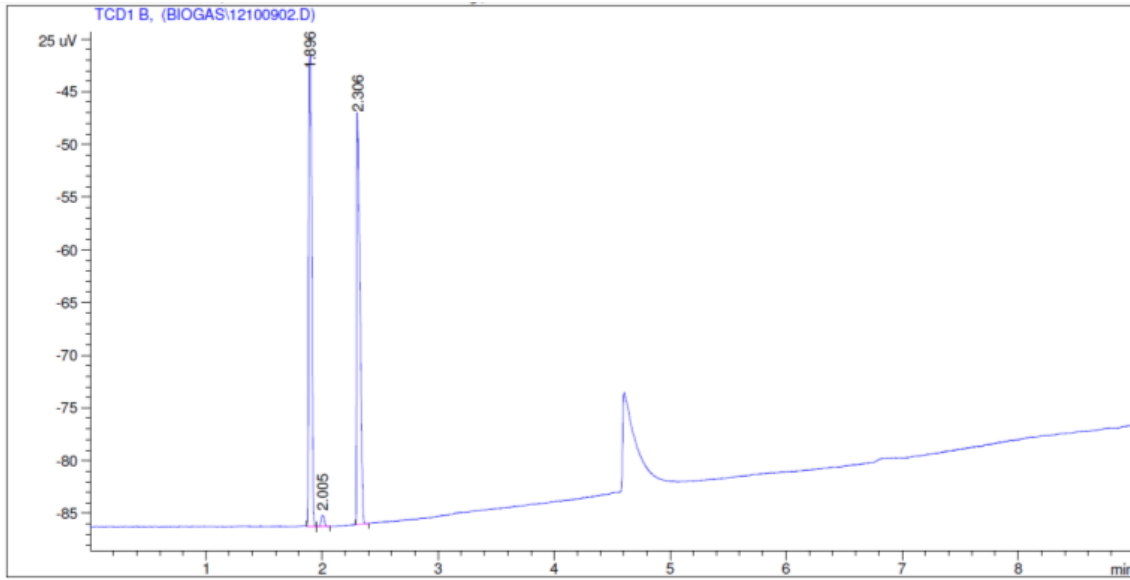


Figura No. 97 Gráfica resultante de análisis de cromatografía de gases a una muestra de gas natural en una columna igual a la utilizada para el análisis del biogás.

Baseline Resolution of Air/CO, CO₂, and Methane in a Natural Gas Sample

Column: **HP-PLOT Q**

30 m x 0.53 mm i.d., 40 µm

P/N: **19095P-Q04**

GC: 6890

Carrier: Helium (8.6 mL/min @ 60°C)

Oven: 60°C for 2 min

60-240°C at 30°C/min

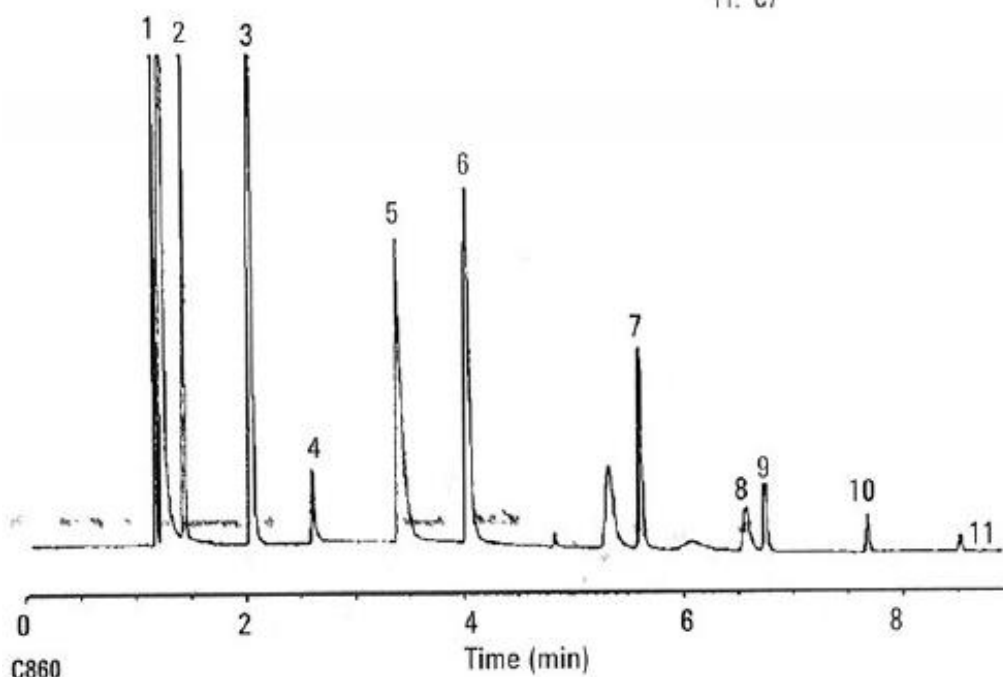
240°C for 1 min

Injection: Split mode (12:1)

Sample: 0.25 cc natural gas sample, Methane, 80%+

Detector: TCD 250°C

1. Air/CO
2. CO₂
3. Ethane
4. H₂S
5. Water
6. C₃
7. i-C₄/n-C₄
8. neo-C₅
9. i-C₅/n-C₅
10. C₆
11. C₇



(Agilent, 2012)

XIX. APÉNDICE G: TERMOPLÁSTICOS

A. Datos originales

Tabla No. 159: Peso de plástico generado anual y mensualmente cada cuatro años hasta el año 2020.

Año	Población total Escuintla	Población base con una población de Escuintla de 5%	Peso plástico generado de población base (kg/año)	Plástico mensual generado (kg/mes)
2012	716,204	35,810	358,102	29,842
2016	775,699	38,785	387,850	32,321
2020	832,311	41,616	416,156	34,680

(INE, 2011)

Esta comparación hasta el año 2020 se hace para mostrar el crecimiento de la generación de desechos que se tendrá y como consecuencia respaldar su reciclado. Cantidad de plástico generado por persona en base a 10kg/persona al año.

B. Cálculo de muestra

La población total estimada en el departamento de Escuintla es de 716,204 personas. En base a este número y a la cantidad de personas en IMSA, que es de 16,000, se calcula la representatividad de este número.

$$\% \text{ población IMSA con respecto a Escuintla} = \frac{\text{número de personas en IMSA}}{\text{población total Escuintla}}$$

Ecuación No. 55

$$\% \text{ población IMSA con respecto a Escuintla} = \frac{16,000 \text{ personas}}{716,204 \text{ personas}} = 2.23\%$$

Con base en este resultado, y puesto que el proyecto se pretende ampliar a los alrededores de las instalaciones del ingenio en varios municipios, se pone una base de 5% de la población de Escuintla como generadores de desechos plásticos para el proceso de reciclado. Por lo tanto:

$$\begin{aligned} \text{Población generadora de desechos plásticos para reciclado} &= 716,204 \text{ personas} \times 5\% \\ &= 35,810 \text{ personas} \end{aligned}$$

1. Cálculo de la cantidad de desechos plásticos generados a partir de la base de población del 5% de la población total de Escuintla. Para calcular la cantidad de desechos generados es necesario conocer la cantidad de desechos generados por persona. Según un dato del Centro Empresarial de Plástico el consumo por habitante en el año 2004 fue de 21kg/habitante. De acuerdo a esto se tomará una base de 10kg/habitante, esto debido al nivel socioeconómico de la población de Escuintla y al hecho que no se recolectará necesariamente el 100% de los plásticos generados por esa población.

$$\text{Peso de desechos plásticos} = 35,810 \text{ personas} \times \frac{10 \text{ kg plástico}}{1 \text{ persona} \cdot \text{año}} = 358,100 \frac{\text{kg plástico}}{\text{año}}$$

Con base en este cálculo y con las poblaciones de la Tabla No. 159 se calculó la cantidad de plásticos que se generarán en los años siguientes:

2. Cálculo de cantidad de resina de plástico virgen y de fibra vegetal a utilizar mensualmente. Utilizando las proporciones de material que se utilizará, se procede a calcular el peso mensual promedio de resina virgen y el peso mensual promedio de fibra vegetal.

$$\text{PesoresinavirgenPET} = 14,921 \text{ kg} \times \frac{10\%}{90\%} = 1,658 \text{ kg}$$

De igual manera para la fibra vegetal:

$$\text{PesofibravegetalparaPET} = 14,921 \text{ kg} \times \frac{30\%}{70\%} = 7,105 \text{ kg}$$

De esta manera se procedió a calcular para todos los tipos de plásticos.

Tabla No. 160: Peso mensual promedio de plástico residual, resina virgen y fibra vegetal necesarios para el reciclado de plásticos residuales para el año 2012.

Tipo de plástico	Distribución de tipo de plástico	Peso mensual promedio plástico residual 2012 (kg)	Peso mensual promedio resina virgen 2012 (kg)	Peso mensual promedio fibra vegetal 2012 (kg)	Peso mensual promedio total 2012 (kg)
PET	50%	14,921	1,658	7,105	23,684
Polipropileno	15%	4,476	497	2,132	7,105
Polietileno	25%	7,460	829	3,553	11,842
PVC	5%	1,492	166	711	2,368
Otros	5%	1,492	166	711	2,368
Total mensual	100%	29,842	3,316	14,210	47,368

3. Cálculo del flujo a trabajar diariamente.

$$47,368 \frac{\text{kg material a reciclar en extrusora}}{\text{mes}} \times \left(\frac{1 \text{ mes}}{31 \text{ días}} \right) \times \left(\frac{1 \text{ día}}{8 \text{ horas}} \right) = 191 \frac{\text{kg}}{\text{h}}$$

C. Análisis económico

1. Cálculo del costo de las materias primas para el proceso de extrusión

De los precios de los materiales en quetzales por kilogramo, el costo mensual es el siguiente:

Tabla No. 161: Costos totales de materia prima para el proceso de extrusión mensualmente.

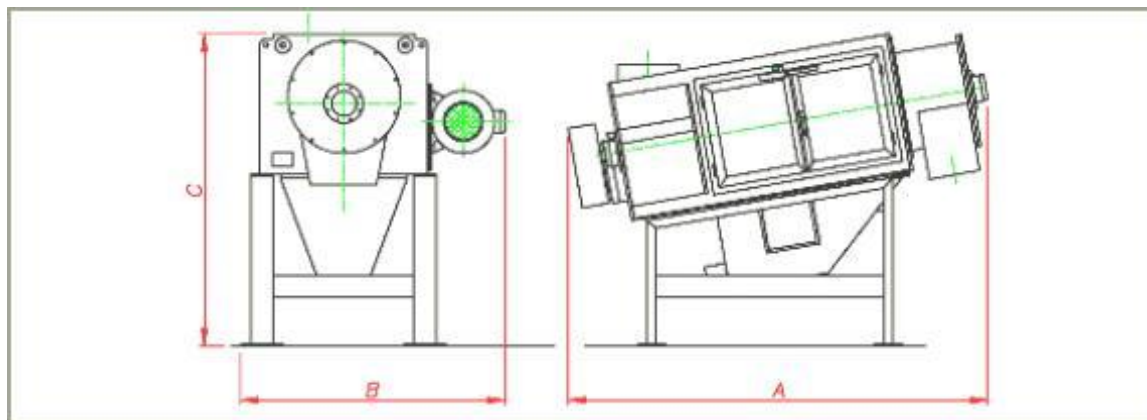
Tipo	Costo resina virgen (Q/mes)	Costo fibra vegetal (Q/mes)	Costo total (Q/mes)
PET	24,039.27	7,105.20	31,144.47
Polipropileno	6,888.49	2,131.56	9,020.05
Polietileno	12,309.76	3,552.60	15,862.36
PVC	2,387.35	710.52	3,097.87
Otros	2,387.35	710.52	3,097.87
Total mensual (Q)	48,012.22	14,210.40	62,222.62

2. Cotización de equipo necesario para el reciclado de plástico.

a. Lavadora de plásticos

Tabla No. 162: Modelo y dimensiones de la lavadora de plásticos.

Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	kW
LO 15 RP	1915	1520	1425	15/22

Figura No. 98 Dimensiones de la lavadora de plásticos.**Tabla No. 163:** Precio y proveedor de la lavadora de plásticos.

Costo	US\$ 39,000.00 CIF ciudad de Guatemala
Proveedor	TECNOFER, Via Calto 409, 45030 Ceneselli (Rovigo), Italy

b. Trituradora de cuchillas para plásticos

Tabla No. 164: Especificaciones y modelo de la trituradora de plásticos.

Modelo:	F-515	
Medidas:	488 x 622	mm
Amperios	39.3/23/19.9	
Voltaje	220/380/440	V
Potencia:	11	kW
Peso:	1350	kg
Cuchillas (30mm)	16	
Cuchillas (15mm)	32	

Figura No. 99 Trituradora de cuchillas.**Tabla No. 165:** Precio y proveedor de la trituradora de plásticos.

Costo:	28,000.00	EUROS	CIF Ciudad de Guatemala
Empresa:	SATRIND S.p.A. Via F. Baracca, 2 - 20010 Arluno (MI) Italy		

Tabla No. 166: Rangos de operación acorde al material a trabajar de la trituradora de cuchillas.

Aplicaciones		
Plásticos	200-250	kg/h
Latas de aluminio	300-500	kg/h
Farmacia	200-400	kg/h
Industrial	200-400	kg/h

c. Tanque de flotación para lavado de piezas molidas

Tabla No. 167: Modelo y dimensiones del tanque de flotación para lavado de piezas molidas.

Modelo	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)	kW
VL 800x4 RR	4300	2900	2200	1410	5,6

Figura No. 100 Dimensiones del tanque de flotación para lavado de piezas molidas.

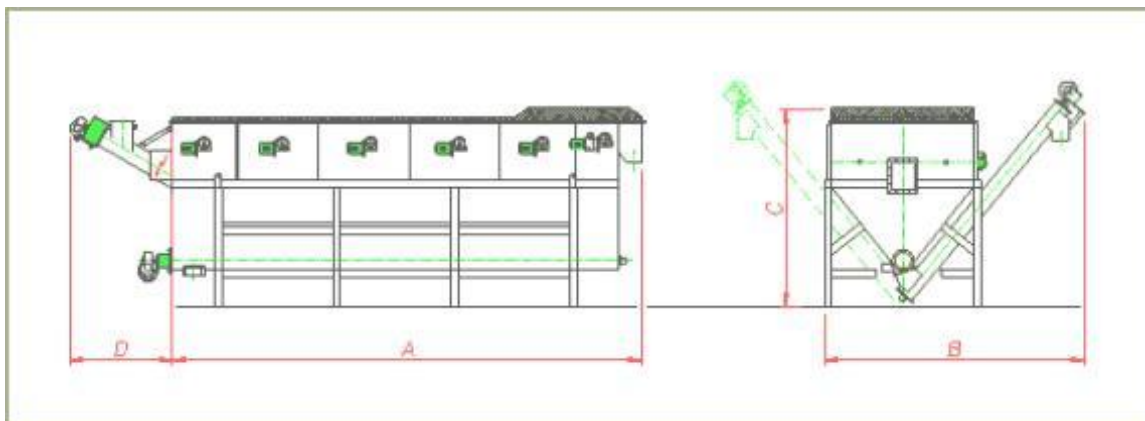


Tabla No. 168: Precio y proveedor del tanque de flotación para lavado de piezas molidas.

Costo	US\$ 41,000.00 CIF ciudad de Guatemala
Proveedor	TECNOFER, Via Calto 409, 45030 Ceneselli (Rovigo), Italy

d. Extrusora de plásticos

Tabla No. 169: Marca y proveedor de la extrusora de plásticos.

Marca:	Maquinaria plástica CO., LTD de Qingdao Weir
Dirección:	China Shandong Qingdao Middle Yasheng Road, East Of Jiaoxi, Industrial Zone, Jiaozhou City, Qingdao, Sha
Extrusor :	Tornillo con tres zonas de calentamiento

Figura No. 101 Extrusora de plásticos.**Tabla No. 170:** Especificaciones y precio de la extrusora de plásticos.

Medidas:	2500 x 10000	mm
Peso:	6000	kg
Costo:	125,000	US\$ CIF Ciudad de Guatemala
Capacidad:	250	kg/h de mezcla
Producción:	Boquilla de 2.5" o 4" para troza recta	
Electricidad:	440 V / 220 V 3PH	
Mezcla:	Madera/PP, HDPE, LDPE/PET	

3. Cálculo de costos por kilogramo de plástico reciclado. Para el cálculo de los costos por kilogramo de plástico reciclado se tomó como base las producciones de un mes.

$$\text{Costo materia prima por kg reciclado} = \frac{\text{Gasto en materia prima al mes}}{\text{kg de plástico reciclado al mes}}$$

$$\text{Costo materia prima por kg reciclado} = \frac{62,222,62 \frac{Q}{\text{mes}}}{47,369 \frac{\text{kg}}{\text{mes}}} = 1.31 \frac{Q}{\text{kg plástico reciclado}}$$

De acuerdo al instituto nacional de estadística un tablón de madera de 1440 pulgadas cúbicas tiene un costo de Q110.50. Asumiendo una densidad media de la madera de 900 kilogramos por metro cúbico se obtiene el costo por kilogramo de madera.

Tabla No. 171: Especificaciones de un tablón de madera.

Tablón (1'x12'x10")	1440	pulgadas ³
Volumen	0.0236	m ³
Densidad	900	kg/m ³
Peso	21.24	kg
Precio madera	110.50	Q/tablón
Precio	5.20	Q/kg

En base a varios reportajes de la industria de la madera plástica se sabe que esta resulta ser un 20% más cara que la madera pura. Es por esto que se procede a fijar el precio del plástico con madera reciclado en 6.24 Q/kg. Además se agrega un valor para que incluye mantenimiento, operarios y supervisores de 2.00 Q/kg. En base a esto los costos quedan de la siguiente manera:

Tabla No. 172: Costos de materia prima, operación y precio de venta del material reciclado.

Costo materia prima	Q1.31	Q/kg
Otros costos	Q2.00	Q/kg
Precio venta	Q6.24	Q/kg
Utilidad	Q2.93	Q/kg

Tabla No. 173: Porcentaje de aplicación para depreciación SMARC ajustado a 10 años.

Año	Tasa de depreciación SMARC
1	10.00%
2	18.00%
3	14.40%
4	11.52%
5	9.22%
6	7.37%
7	6.55%
8	6.55%
9	6.55%
10	9.83%

4. Flujo de caja del proyecto de reciclado de plásticos con un horizonte de 10 años. Para el cálculo del flujo de caja se utilizó el método de depreciación acelerada SMARC. Además se asumió que se venderá el 70% del material reciclado, dejando el otro 30% para uso interno del ingenio.

Tabla No. 174: Flujo de caja con proyección a 10 años de la planta de reciclado de plásticos.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		Q2,484,286	Q2,484,286	Q2,484,286	Q2,484,286	Q2,484,286	Q2,484,286	Q2,484,286	Q2,484,286	Q2,484,286	Q2,484,286
Egresos		(Q1,883,503)	(Q1,883,503)	(Q1,883,503)	(Q1,883,503)	(Q1,883,503)	(Q1,883,503)	(Q1,883,503)	(Q1,883,503)	(Q1,883,503)	(Q1,883,503)
Depreciación		(Q192,000)	(Q345,600)	(Q276,480)	(Q221,184)	(Q177,024)	(Q141,504)	(Q125,760)	(Q125,760)	(Q125,760)	(Q188,736)
Utilidad antes de impuestos		Q408,783	Q255,183	Q324,303	Q379,599	Q423,759	Q459,279	Q475,023	Q475,023	Q475,023	Q412,047
Impuestos (31%)		(Q126,722)	(Q79,106)	(Q100,533)	(Q117,675)	(Q131,365)	(Q142,376)	(Q147,257)	(Q147,257)	(Q147,257)	(Q127,734)
Utilidad después de impuestos		Q282,060	Q176,076	Q223,769	Q261,923	Q292,393	Q316,902	Q327,765	Q327,765	Q327,765	Q284,312
Depreciación		Q192,000	Q345,600	Q276,480	Q221,184	Q177,024	Q141,504	Q125,760	Q125,760	Q125,760	Q188,736
Inversión	(Q1,920,000)										
Imprevistos (5%)	(Q96,000)										
Flujo de Caja	(Q2,016,000)	Q474,060	Q521,676	Q500,249	Q483,107	Q469,417	Q458,406	Q453,525	Q453,525	Q453,525	Q473,048

Tabla No. 175: Valor Actual Neto, Tasa Interna de Retorno de la inversión y Tiempo de Retorno de la Inversión e la planta de reciclado de plásticos.

VAN	TIR	Tiempo de retorno de la inversión (años)
Q392,000.80	20.03%	4.08

XX. APÉNDICE H: COMPOSTAJE

A. Diagramas y esquemas

Figura No. 102 Diagrama de configuración y dimensionamiento de pilas de compostaje.

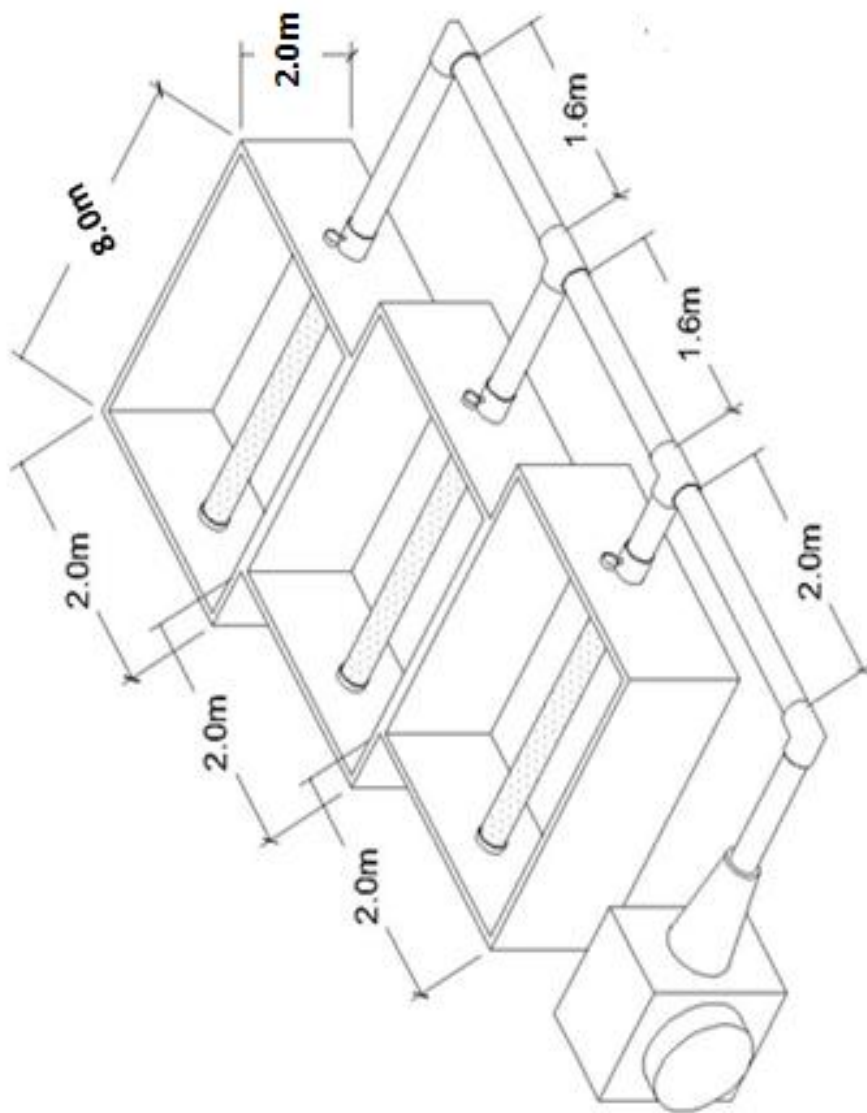


Figura No. 103 Balance de masa de la pila de compost.

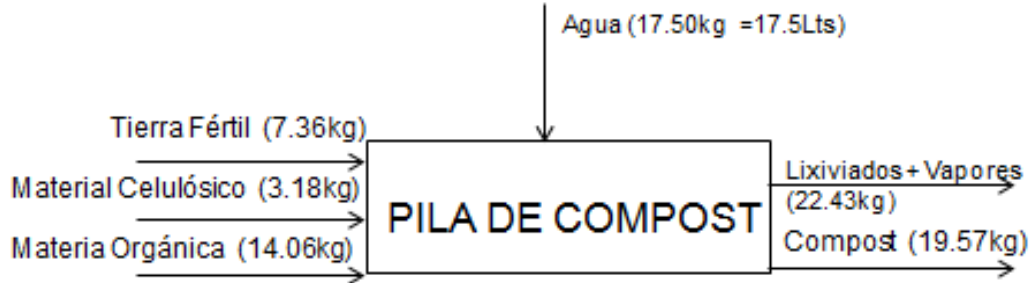


Figura No. 104 Balance de energía de la pila de compost.



B. Datos originales

Tabla No. 176: Temperatura, Humedad y pH de la pila 1 de aireado mecánico.

Hora	Día	Temperatura °C			pH	Humedad
		Punto 1	Punto 2	Punto 3		
CONTROL	22/09/2012	23	25	23.5	7	58.43%
	24/09/2012	22.5	22.5	22.5	8	61.70%
	25/09/2012	24	25	25	8	56.80%
	26/09/2012	23	22	21	8	60.00%
	27/09/2012	24.5	25	24	8	56.45%
	28/09/2012	28	29	29.5	8	53.25%
	29/09/2012	23.5	24	24		59.63%
VOLTEO	01/10/2012	22	21	20	7	60.65%
	02/10/2012	25	24.5	26	7	55.05%
	03/10/2012	26	26.5	27	7	54.41%
	04/10/2012	29	30	30.5	8	51.32%
VOLTEO	08/10/2012	29	30	30	8	50.45%
VOLTEO	09/10/2012	34	35	35	8	47.27%
VOLTEO	10/10/2012	29	31	29.5	7	52.97%
VOLTEO	11/10/2012	29	30	30.5	7	52.97%
VOLTEO	15/10/2012	30	31.5	30.5	8	52.24
	16/10/2012	28	29.5	29	8	53.89%
VOLTEO	17/10/2012	29.5	31	30.5	7	52.57%
	18/10/2012	31.5	30	29	8	52.68%
VOLTEO	19/10/2012	27.5	28.5	28	6	54.63%

Tabla No. 177: Temperatura, Humedad y pH de la pila 2 de aireado mecánico.

Hora	Día	Temperatura °C			pH	Humedad
		Punto 1	Punto 2	Punto 3		
CONTROL	22/09/2012	24	24.5	25	7	56.92%
	24/09/2012	30.5	28.5	28	7	53.45%
	25/09/2012	26.5	25	24.5	7	56.21%
	26/09/2012	24	24	24	8	58.15%
	27/09/2012	32	32	31.5	8	49.76%
	28/09/2012	32	32.5	32	7	47.34%
	29/09/2012	23	23	24		58.67%
VOLTEO	01/10/2012	26	25.5	27	8	55.45%
	02/10/2012	25	25	24	8	56.87%
	03/10/2012	23	24.5	24	7	58.24%
	04/10/2012	26	26.5	25.5	7	55.76%
VOLTEO	08/10/2012	29	30	30.5	8	52.76%
VOLTEO	09/10/2012	35	34	34	8	44.78%
VOLTEO	10/10/2012	32	31	30.5	7	50.03%
VOLTEO	11/10/2012	28	29.5	29	8	53.89%
	12/10/2012	29.5	31	30.5	7	52.57%
VOLTEO	15/10/2012	29	31	29.5	7	52.97%
	16/10/2012	29	30	30.5	7	52.97%
VOLTEO	17/10/2012	29	30	30	7	53.15%
	18/10/2012	34	35	35.5	8	44.98%
VOLTEO	19/10/2012	32	32	31	7	49.87%

Tabla No. 178: Temperatura, Humedad y pH de la pila 3 de aireado mecánico.

Hora	Día	Temperatura °C			pH	Humedad
		Punto 1	Punto 2	Punto 3		
CONTROL	22/09/2012	23	24.5	24	7	58.15%
	24/09/2012	30	32	28	7	52.84%
	25/09/2012	27	28	27.5	7	55.00%
	26/09/2012	25	26	24.5	7	56.45%
	27/09/2012	34	34	33	7	46.90%
	28/09/2012	33	33	32.5	8	47.10%
	29/09/2012	22.5	23.5	23.5	8	58.80%
VOLTEO	01/10/2012	23	25.5	25	7	56.93%
	02/10/2012	26	27	26.5	8	55.34%
	03/10/2012	22	22.5	23	8	59.78%
	04/10/2012	27	28.5	28	7	54.77%
VOLTEO	08/10/2012	30.5	31	29.5	7	51.10%
VOLTEO	09/10/2012	27.5	27	28.5	7	54.80%
VOLTEO	10/10/2012	30	29.5	30.5	8	52.71%
VOLTEO	11/10/2012	27.5	28.5	28	8	54.63%
	12/10/2012	29	31	29.5	7	52.97%
VOLTEO	15/10/2012	34	35	35.5	8	44.98%
	16/10/2012	32	32	31	7	49.87%
VOLTEO	17/10/2012	32	31	30.5	7	50.03%
	18/10/2012	28	29.5	29	8	53.89%
VOLTEO	19/10/2012	29.5	31	30.5	7	52.57%

Tabla No. 179: Temperatura, Humedad y pH de la pila 1 de aireado Natural.

Hora	Día	Temperatura °C			pH	Humedad
		Punto 1	Punto 2	Punto 3		
CONTROL	22/09/2012	23	24.5	24	7	58.24%
	24/09/2012	24	25	24	8	56.98%
	25/09/2012	26.5	26	26	8	55.56%
	26/09/2012	25	25.5	24.5	8	56.57%
	27/09/2012	24.5	24	24	7	56.73%
VOLTEO	29/09/2012	27	26	25.5	7	55.56%
	30/09/2012	25.5	27	26	8	55.56%
	01/10/2012	28	27.5	27	7	55.00%
	02/10/2012	29	28.5	28	8	54.11%
VOLTEO	06/10/2012	27	27.5	28	8	55.00%
VOLTEO	07/10/2012	28	27.5	28.5	8	54.51%
VOLTEO	08/10/2012	29	31	29.5	7	52.97%
VOLTEO	09/10/2012	29	30	30.5	7	52.97%
	10/10/2012	28	29.5	29	8	53.89%
VOLTEO	11/10/2012	34	35	35.5	8	44.98%
	12/10/2012	31.5	30	29	8	52.68%
VOLTEO	15/10/2012	27.5	28.5	28	6	54.63%
	16/10/2012	32	32	31	7	49.87%
VOLTEO	17/10/2012	30	31.5	30.5	8	52.24%
	18/10/2012	34	35	35.5	8	44.98%
VOLTEO	19/10/2012	32	32	31	7	49.87%

Tabla No. 180: Temperatura, Humedad y pH de la pila 2 de aireado Natural.

Hora	Día	Temperatura °C			pH	Humedad
		Punto 1	Punto 2	Punto 3		
CONTROL	22/09/2012	24	23	23.5	8	58.52%
	24/09/2012	26.5	27	26.5	7	55.36%
	25/09/2012	27.5	28	27.5	7	54.87%
	26/09/2012	26.5	26	26	7	55.56%
	27/09/2012	25	24.5	24.5	8	56.73%
VOLTEO	29/09/2012	26	27	25	8	55.86%
	30/09/2012	24	24	26	7	56.73%
	01/10/2012	32	33.5	33	7	47.10%
	02/10/2012	27	28	27.5	8	55.00%
VOLTEO	06/10/2012	30	31.5	32	7	50.03%
VOLTEO	07/10/2012	29	31	31.5	8	52.72%
VOLTEO	08/10/2012	32	32	31	7	49.87%
VOLTEO	09/10/2012	30	31.5	30.5	8	52.24%
	10/10/2012	31.5	30	29	8	52.68%
VOLTEO	13/10/2012	29.5	31	30.5	7	52.57%
	14/10/2012	29	31	29.5	7	52.97%
VOLTEO	15/10/2012	29	30	30.5	7	52.97%
	16/10/2012	29	30	30	7	53.15%
VOLTEO	17/10/2012	34	35	35.5	8	44.98%
	18/10/2012	28	29.5	29	8	53.89%
VOLTEO	19/10/2012	29.5	31	30.5	7	52.57%

Tabla No. 181: Temperatura, Humedad y pH de la pila 3 de aireado Natural.

Hora	Día	Temperatura °C			pH	Humedad
		Punto 1	Punto 2	Punto 3		
CONTROL	22/09/2012	24.5	23.5	25	7	56.98%
	24/09/2012	24	26	27	7	56.37%
	25/09/2012	28	27	27.5	8	55.00%
	26/09/2012	26	28	27	8	55.04%
	27/09/2012	24	24.5	24.5	7	56.98%
VOLTEO	29/09/2012	27	26.5	25.5	7	55.51%
	30/09/2012	26	25	24	8	56.57%
	01/10/2012	28	29.5	29.5	7	53.45%
	02/10/2012	26	27	26.5	8	55.43%
VOLTEO	06/10/2012	28	26.5	26	7	55.24%
VOLTEO	07/10/2012	27.5	28	28.5	7	54.51%
VOLTEO	08/10/2012	29	30	30	7	53.15%
VOLTEO	09/10/2012	34	35	35.5	8	44.98%
	10/10/2012	29	31	29.5	7	52.97%
VOLTEO	13/10/2012	30	31.5	30.5	8	52.24%
	14/10/2012	31.5	30	29	8	52.68%
VOLTEO	15/10/2012	27.5	28.5	28	6	54.63%
	16/10/2012	28	29.5	29	8	53.89%
VOLTEO	17/10/2012	29.5	31	30.5	7	52.57%
	18/10/2012	31.5	30	29	8	52.68%
VOLTEO	19/10/2012	27.5	28.5	28	6	54.63%

Tabla No. 182: Materia prima agregada y masas de las mismas utilizadas para realizar el compost.

Entra a pila		
Material	Peso (kg)	Volumen (Its)
Tierra	7.26	17.5
Material celulósico	3.18	
Material orgánico	14.06	
Agua	17.50	
Masa total	41.99	

Tabla No. 183: Condiciones de operación.

Condiciones de operación del compost		
Condición	Mínimo	Máximo
pH	6	8
Humedad	40%	55%
Temperatura	26oC	70oC
Volteo	1 vez por semana	3 veces por semana

Tabla No. 184: Datos de análisis de suelos para el mecanismo de aireado natural.

Datos de análisis de suelos para aireación natural									
Pila	pH	Concentración de sal (dS/m)	Materia orgánica (%)	Relación C/N	Nitrógeno (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (Ca)	Magnesio (MgO)
1	7.4	2.67	49.80%	24.6	2.02%	0.90%	0.50%	2.22%	1.07%
2	6.5	2.18	37.50%	25.0	1.50%	0.63%	0.38%	1.30%	0.77%
3	6.9	2.42	83.50%	41.3	2.02%	0.94%	0.41%	1.99%	0.95%

Tabla No. 185: Datos de análisis de suelos para el mecanismo de aireado mecánico.

Datos de análisis de suelos para aireación mecánica									
Pila	pH	Concentración de sal (dS/m)	Materia orgánica (%)	Relación C/N	Nitrógeno (N)	Fosforo (P ₂ O ₅)	Potasio (K ₂ O)	Calcio (Ca)	Magnesio (MgO)
1	7.1	2.57	39.90%	26.6	1.50%	0.67%	0.39%	2.39%	1.07%
2	6.5	2.75	30.50%	24.0	1.27%	0.51%	0.33%	1.08%	0.75%
3	6.5	1.34	33.90%	22.6	1.50%	0.77%	0.44%	1.10%	0.79%

Tabla No. 186: Desechos producidos por el ingenio.

	Desechos				
	Cantidad	Día	Semana	Mes	4 Meses
Raciones de comida	13000				
Desechos vegetales (lb)		44	308	1232	4928
Desechos de pollo (lb)		9	66	264	1056
Desechos res y cerdo (lb)		16	110	440	1760
Desecho orgánico (lb)		165	1155	4620	18480
Desechos de maíz (lb)		44	308	1232	4928
Total desechos (lb)		278	1947	7788	31152

Tabla No. 187: Densidad de los desechos y dimensionamiento de las pilas de compost.

Densidad desechos (kg/m³)	855.14
Desechos (m³)	30.66
Base óptima (m)	2
Altura (m)	2
Largo (m)	7.66

Tabla No. 188: Tabla comparativa de ventajas y desventajas del compostaje por montón.

Ventajas	Desventajas
Poca mano de obra para el control del sistema.	Extensión grande de tierra para el montaje del sistema.
No es necesaria una constante mejora en el sistema, solo si la cantidad de desechos producidos por la industria aumenta.	Tiempo de espera para la fabricación del compost, con un periodo máximo de 3 meses.
Bajos costos de inversión.	Emanación de malos olores.
No es necesaria tecnología de punta para el control del compost	Atracción de plagas, como moscas, gusanos y arañas.
Reutilización de los desechos producidos por la industria	
Fabricación de abono apto para cultivo o distribución.	
Es posible controlar los problemas que puede tener, si las condiciones de operación son controladas adecuadamente.	
Bajos costos de consumo energético.	

C. Cálculo de Muestra

Para determinar la cantidad de energía por radiación térmica consumida por cada pila, se tomo en cuenta la emisividad del suelo, su asertividad, así también como la irradiación solar. Se realizo de la misma manera para cada día.

$$Q = (\alpha_s)(G_{solar}) + \varepsilon\sigma(T_{cielo}^4 - T_s^4)$$

Ecuación No. 56

Para el día 22/9/2012, se calculó la energía absorbida donde:

$$\alpha_s = \text{Absortividad del suelo}$$

$$G_{solar} = \text{Irradiacionsolar}$$

$$\varepsilon = \text{Emisividad}$$

$$\sigma = \text{ConstantedeBoltzman}$$

$$T_{Cielo} = \text{Temperaturadelmedioambiente}$$

$$T_s = \text{Temperaturadelasuperficie}$$

$$\begin{aligned} Q &= (0.5) \left(1373 \text{ W/m}^2 \right) + (0.94) \left(5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \text{K}^4 \right) (299.16 \text{ K}^4 - 296.98 \text{ K}^4) \\ &= 698.73 \text{ W/m}^2 \times 0.198 \text{ m}^2 \times \frac{3.76 \text{ KJ/h}}{1 \text{ W}} = 498.06 \text{ KJ/h} \end{aligned}$$

Se realizó el mismo cálculo para cada día y para cada pila de compost.

Para calcular la energía y temperatura promedio por día en cada pila, se tomaron en cuenta las temperaturas en los 3 puntos de medición a lo largo de cada pila, de los cuales se le sacó la energía consumida por pila para el cálculo del consumo promedio de energía.

$$T = (23 \pm 0.5^\circ\text{C}) + (25 \pm 0.5^\circ\text{C}) + (23.5 \pm 0.5^\circ\text{C}) = 23.83 \pm 0.866^\circ\text{C}$$

Ecuación No. 57

Para el dimensionamiento de las pilas de compost a implementar en el ingenio, se utilizaron los valores proporcionado de los desechos producidos por el ingenio y utilizando la densidad de los desechos.

$$\text{Desechos (m}^3\text{)} = \frac{(\text{Desecho (lb)})(1\text{Kg})}{(2.2046\text{lb})(\rho_{\text{Desecho}})}$$

Ecuación No. 58

$$\text{Desechos(m}^3\text{)} = \frac{(7788\text{lb})(1\text{Kg})}{(2.2046\text{lb})(855.14 \text{ Kg/m}^3)} = 4.13\text{m}^3$$

Ecuación No. 59

Partiendo de la cantidad de desechos, se calculo el largo de la pila, tomando como base 2m debido a que es la base optima de operación para las pilas de compost por montón.

$$\text{Altura} = \frac{\text{Base}}{2}$$

Ecuación No. 60

$$Altura = \frac{2m}{2} = 1m$$

Conociendo la cantidad de desechos en un mes, la base a trabajar y la altura se calculo el largo de la pila de compost.

$$Largo = \frac{(Desechos)}{(Base)(Altura)}$$

Ecuación No. 61

$$Largo = \frac{(4.13m^3)}{(2m)(1m)} = 2.07 \pm 0.048m$$

D. Datos calculados

Tabla No. 189: Energía por radiación absorbida por la pila 1 de aireación mecánica, por día transcurrido.

Día	T promedio (°C)	T promedio (K)	Energía (W/m ²)	Energía pila(kJ/h)
22/09/2012	23.83	296.98	698.73	498.06
24/09/2012	22.50	295.65	706.13	503.33
25/09/2012	24.67	297.82	694.06	494.73
26/09/2012	22.00	295.15	708.87	505.29
27/09/2012	24.50	297.65	695.00	495.39
28/09/2012	28.83	301.98	670.10	477.65
29/09/2012	23.83	296.98	698.73	498.06
01/10/2012	21.00	294.15	714.33	509.17
02/10/2012	25.17	298.32	691.24	492.71
03/10/2012	26.50	299.65	683.64	487.30
04/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
08/10/2012	29.67	302.82	665.19	474.14
09/10/2012	34.67	307.82	634.85	452.52
10/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
11/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
12/10/2012	29.67	302.82	665.19	474.14
15/10/2012	30.67	303.82	659.24	469.90
16/10/2012	28.83	301.98	670.10	477.65
17/10/2012	30.33	303.48	661.23	471.32
18/10/2012	30.17	303.32	662.22	472.03
19/10/2012	28.00	301.15	674.97	481.12
			Consumo promedio de energía (kJ/h)	483.56

Tabla No. 190: Energía por radiación absorbida por la pila 2 de aireación mecánica, por día transcurrido.

Día	T promedio (°C)	T promedio (K)	Energía (W/m ²)	Energía pila(kJ/h)
22/09/2012	24.50	297.65	695.00	495.39
24/09/2012	29.00	302.15	669.12	476.95
25/09/2012	25.33	298.48	690.29	492.04
26/09/2012	24.00	297.15	697.80	497.39
27/09/2012	31.83	304.98	652.22	464.90
28/09/2012	32.17	305.32	650.20	463.46
29/09/2012	23.33	296.48	701.52	500.04
01/10/2012	26.17	299.32	685.55	488.66
02/10/2012	24.67	297.82	694.06	494.73
03/10/2012	23.83	296.98	698.73	498.06
04/10/2012	26.00	299.15	686.50	489.34
08/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
09/10/2012	34.33	307.48	636.92	453.99
10/10/2012	31.17	304.32	656.24	467.77
11/10/2012	28.83	301.98	670.10	477.65
12/10/2012	30.33	303.48	661.23	471.32
15/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
16/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
17/10/2012	29.67	302.82	665.19	474.14
18/10/2012	34.83	307.98	633.81	451.78
19/10/2012	31.67	304.82	653.23	465.62
			Consumo promedio de energía (kJ/h)	478.26

Tabla No. 191: Energía por radiación absorbida por la pila 3 de aireación mecánica, por día transcurrido.

Día	T promedio (°C)	T promedio (K)	Energía (W/m ²)	Energía pila(kJ/h)
22/09/2012	23.83	296.98	698.73	498.06
24/09/2012	30.00	303.15	663.21	472.74
25/09/2012	27.50	300.65	677.87	483.19
26/09/2012	25.17	298.32	691.24	492.71
27/09/2012	33.67	306.82	641.03	456.93
28/09/2012	32.83	305.98	646.14	460.57
29/09/2012	23.17	296.32	702.44	500.70
01/10/2012	24.50	297.65	695.00	495.39
02/10/2012	26.50	299.65	683.64	487.30
03/10/2012	22.50	295.65	706.13	503.33
04/10/2012	27.83	300.98	675.94	481.81
08/10/2012	30.33	303.48	661.23	471.32
09/10/2012	27.67	300.82	676.91	482.50
10/10/2012	30.00	303.15	663.21	472.74
11/10/2012	28.00	301.15	674.97	481.12
12/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
15/10/2012	34.83	307.98	633.81	451.78
16/10/2012	31.67	304.82	653.23	465.62
17/10/2012	31.17	304.32	656.24	467.77
18/10/2012	28.83	301.98	670.10	477.65
19/10/2012	30.33	303.48	661.23	471.32
			Consumo promedio de energía (KJ/h)	478.48

Tabla No. 192: Energía por radiación absorbida por la pila 1 de aireación natural, por día transcurrido.

Día	T promedio (°C)	T promedio (K)	Energía (W/m ²)	Energía pila(kJ/h)
22/09/2012	23.83	296.98	698.73	498.06
24/09/2012	24.33	297.48	695.93	496.06
25/09/2012	26.17	299.32	685.55	488.66
26/09/2012	25.00	298.15	692.18	493.38
27/09/2012	24.17	297.32	696.87	496.73
29/09/2012	26.17	299.32	685.55	488.66
30/09/2012	26.17	299.32	685.55	488.66
01/10/2012	27.50	300.65	677.87	483.19
02/10/2012	28.50	301.65	672.05	479.04
03/10/2012	27.50	300.65	677.87	483.19
04/10/2012	28.00	301.15	674.97	481.12
08/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
09/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
10/10/2012	28.83	301.98	670.10	477.65
11/10/2012	34.83	307.98	633.81	451.78
12/10/2012	30.17	303.32	662.22	472.03
15/10/2012	28.00	301.15	674.97	481.12
16/10/2012	31.67	304.82	653.23	465.62
17/10/2012	30.67	303.82	659.24	469.90
18/10/2012	34.83	307.98	633.81	451.78
19/10/2012	31.67	304.82	653.23	465.62
			Consumo promedio de energía (kJ/h)	479.01

Tabla No. 193: Energía por radiación absorbida por la pila 2 de aireación natural, por día transcurrido.

Día	T promedio (°C)	T promedio (K)	Energía (W/m ²)	Energía pila(kJ/h)
22/09/2012	23.50	296.65	700.59	499.38
24/09/2012	26.67	299.82	682.68	486.62
25/09/2012	27.67	300.82	676.91	482.50
26/09/2012	26.17	299.32	685.55	488.66
27/09/2012	24.67	297.82	694.06	494.73
28/09/2012	26.00	299.15	686.50	489.34
29/09/2012	24.67	297.82	694.06	494.73
01/10/2012	32.83	305.98	646.14	460.57
02/10/2012	27.50	300.65	677.87	483.19
03/10/2012	31.17	304.32	656.24	467.77
04/10/2012	30.50	303.65	660.23	470.61
08/10/2012	31.67	304.82	653.23	465.62
09/10/2012	30.67	303.82	659.24	469.90
10/10/2012	30.17	303.32	662.22	472.03
11/10/2012	30.33	303.48	661.23	471.32
12/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
15/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
16/10/2012	29.67	302.82	665.19	474.14
17/10/2012	34.83	307.98	633.81	451.78
18/10/2012	28.83	301.98	670.10	477.65
19/10/2012	30.33	303.48	661.23	471.32
			Consumo Promedio de Energía (kJ/h)	477.08

Tabla No. 194: Energía por radiación absorbida por la pila 3 de aireación natural, por día transcurrido.

Día	T promedio (°C)	T promedio (K)	Energía (W/m ²)	Energía pila(kJ/h)
22/09/2012	24.33	297.48	695.93	496.06
24/09/2012	25.67	298.82	688.40	490.69
25/09/2012	27.50	300.65	677.87	483.19
26/09/2012	27.00	300.15	680.76	485.25
27/09/2012	24.33	297.48	695.93	496.06
28/09/2012	26.33	299.48	684.59	487.98
29/09/2012	25.00	298.15	692.18	493.38
01/10/2012	29.00	302.15	669.12	476.95
02/10/2012	26.50	299.65	683.64	487.30
03/10/2012	26.83	299.98	681.72	485.93
04/10/2012	28.00	301.15	674.97	481.12
08/10/2012	29.67	302.82	665.19	474.14
09/10/2012	34.83	307.98	633.81	451.78
10/10/2012	29.83	302.98	664.20	473.44
11/10/2012	30.67	303.82	659.24	469.90
12/10/2012	30.17	303.32	662.22	472.03
15/10/2012	28.00	301.15	674.97	481.12
16/10/2012	28.83	301.98	670.10	477.65
17/10/2012	30.33	303.48	661.23	471.32
18/10/2012	30.17	303.32	662.22	472.03
19/10/2012	28.00	301.15	674.97	481.12
			Consumo promedio de energía (kJ/h)	480.40

E. Figuras relacionadas

Figura No. 105 Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 1 de pila aireado natural.



14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276) Número de orden : 78339
 Persona Responsable : DR. ROLANDO CIFUENTES Código de muestra : 12.10.19.05.05
 Finca : INGENIO MAGDALENA, MEGAPROYECTOS (21347) Fecha de ingreso : 19/10/2012
 Localización : , ESCUINTLA Fecha del informe : 29/10/2012
 Referencia Cliente : PILA 1 AN Asesor : OSCAR VASQUEZ

PARAMETRO	RANGO ADECUADO	
pH	7.4	*
Concentración de Sales (C.S.)	2.67 dS/m	+
Materia Organica (M.O.)	49.8 %	+
Relación C/N	24.6	+

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (Nt)	2.02	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.90	*
POTASIO (K ₂ O)	0.50	*
CALCIO (Ca)	2.22	*
MAGNESIO (MgO)	1.07	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	96.28	*
COBRE (Cu)	12.10	+
HIERRO (Fe)	13300.00	+
MANGANESO (Mn)	338.50	+
ZINC (Zn)	135.00	+

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Figura No. 106 Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 2 de pila aireado natural.



14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276) Número de orden : 78339
 Persona Responsable : DR. ROLANDO CIFUENTES Código de muestra : 12.10.19.05.08
 Finca : INGENIO MAGDALENA, MEGAPROYECTOS (21347) Fecha de ingreso : 19/10/2012
 Localización : , ESCUINTLA Fecha del informe : 29/10/2012
 Referencia Cliente : PILA 2 AN Asesor : OSCAR VASQUEZ

PARAMETRO	RANGO ADECUADO
pH	6.5 *
Concentración de Sales (C.S.)	2.18 dS/m *
Materia Organica (M.O.)	37.5 % *
Relación C/N	25.0 *

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (Nt)	1.50	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.63	*
POTASIO (K ₂ O)	0.38	*
CALCIO (Ca)	1.30	*
MAGNESIO (MgO)	0.77	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	80.18	*
COBRE (Cu)	15.15	*
HIERRO (Fe)	16400.00	*
MANGANESO (Mn)	389.50	*
ZINC (Zn)	154.00	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Figura No. 107 Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 3 de pila aireado natural.



14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
 Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
 PBX 2416-2916 Fax: 2416-2917
 info@solucionesanaliticas.com
 www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276) Número de orden : 78339
 Persona Responsable : DR. ROLANDO CIFUENTES Código de muestra : 12.10.19.05.06
 Finca : INGENIO MAGDALENA, MEGAPROYECTOS (21347) Fecha de ingreso : 19/10/2012
 Localización : ESCUINTLA Fecha del informe : 29/10/2012
 Referencia Cliente : PILA 3 AN Asesor : OSCAR VASQUEZ

PARAMETRO	RANGO ADECUADO
pH	6.9 *
Concentración de Sales (C.S.)	2.42 dS/m *
Materia Organica (M.O.)	83.5 % *
Relación C/N	41.3 *

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (Nt)	2.02	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.94	*
POTASIO (K ₂ O)	0.41	*
CALCIO (Ca)	1.99	*
MAGNESIO (MgO)	0.95	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	87.10	*
COBRE (Cu)	12.35	*
HIERRO (Fe)	12850.00	*
MANGANESO (Mn)	330.50	*
ZINC (Zn)	197.50	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Figura No. 108 Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 1 de pila aireado mecánico.



14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276) Número de orden : 78339
 Persona Responsable : DR. ROLANDO CIFUENTES Código de muestra : 12.10.19.05.07
 Finca : INGENIO MAGDALENA, MEGAPROYECTOS (21347) Fecha de ingreso : 19/10/2012
 Localización : , ESCUINTLA Fecha del informe : 29/10/2012
 Referencia Cliente : PILA 1 AF Asesor : OSCAR VASQUEZ

PARAMETRO	RANGO ADECUADO
pH	7.1 *
Concentración de Sales (C.S.)	2.57 dS/m *
Materia Organica (M.O.)	39.9 % *
Relación C/N	26.6 *

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (Nt)	1.50	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.67	*
POTASIO (K ₂ O)	0.39	*
CALCIO (Ca)	2.39	*
MAGNESIO (MgO)	1.07	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	105.13	*
COBRE (Cu)	11.65	*
HIERRO (Fe)	17100.00	*
MANGANESO (Mn)	650.00	*
ZINC (Zn)	98.50	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Figura No. 109 Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 2 de pila aireado mecánico.



14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276) Número de orden : 78339
 Persona Responsable : DR. ROLANDO CIFUENTES Código de muestra : 12.10.19.05.09
 Finca : INGENIO MAGDALENA, MEGAPROYECTOS (21347) Fecha de ingreso : 19/10/2012
 Localización : ESCUINTLA Fecha del informe : 29/10/2012
 Referencia Cliente : PILA 2 AF Asesor : OSCAR VASQUEZ

PARAMETRO		RANGO ADECUADO
pH	6.5	*
Concentración de Sales (C.S.)	2.75 dS/m	*
Materia Organica (M.O.)	30.5 %	*
Relación C/N	24.0	*

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (Nt)	1.27	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.51	*
POTASIO (K ₂ O)	0.33	*
CALCIO (Ca)	1.08	*
MAGNESIO (MgO)	0.75	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	80.50	*
COBRE (Cu)	14.90	*
HIERRO (Fe)	18450.00	*
MANGANESO (Mn)	438.50	*
ZINC (Zn)	121.50	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

Figura No. 110 Informe técnico de análisis de suelos de la muestra 3 de pila aireado mecánico.



14 Avenida 19-50, Condado El Naranjo, Bodega # 23
Ofibodegas San Sebastián, Zona 4 de Mixco, Guatemala
PBX 2416-2916 Fax: 2416-2917
info@solucionesanaliticas.com
www.solucionesanaliticas.com

INFORME DE ANALISIS DE ABONO ORGANICO

Cliente : UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA (08276) Número de orden : 78339
 Persona Responsable : DR. ROLANDO CIFUENTES Código de muestra : 12.10.19.05.10
 Finca : INGENIO MAGDALENA, MEGAPROYECTOS (21347) Fecha de ingreso : 19/10/2012
 Localización : , ESCUINTLA Fecha del informe : 29/10/2012
 Referencia Cliente : PILA 3 AF Ascensor : OSCAR VASQUEZ

PARAMETRO	RANGO ADECUADO
pH	6.5 *
Concentración de Sales (C.S.)	1.34 dS/m *
Materia Organica (M.O.)	33.9% *
Relación C/N	22.6 *

ELEMENTO	CONCENTRACION (p/p)	RANGO ADECUADO
	%	
NITROGENO (Nt)	1.50	*
FOSFORO (P ₂ O ₅)	0.77	*
POTASIO (K ₂ O)	0.44	*
CALCIO (Ca)	1.10	*
MAGNESIO (MgO)	0.79	*
	ppm	
BORO (B ₂ O ₃)	79.21	*
COBRE (Cu)	16.15	*
HIERRO (Fe)	18100.00	*
MANGANESO (Mn)	467.50	*
ZINC (Zn)	177.50	*

* No se tiene datos del rango adecuado para este elemento.

XXI. APÉNDICE I: PROGRAMA EDUCATIVO AMBIENTAL

Presentación 1 - Programa Educativo Ambiental - ¿Qué son las 3 erres?

 <p>¿Qué es Reciclar? ¿Qué es Reducir? ¿Qué es Reusar?</p> <p>Helen Coronado</p>	<p>Reciclar es:</p> <p>El proceso que permite la recolección y recuperación de materiales de desperdicio para transformarlos en nuevos materiales que pueden ser utilizados o vendidos.</p>  <p>Ejemplos de que se puede reciclar: papel y cartón, plásticos, acero, aluminio, vidrio, neumáticos, celulares, electrodomésticos y más.</p>
<p>Reusar o Reutilizar es:</p> <p>Usar un objeto el mayor número de veces posible sin destruirlo o deshacernos de él. Esto permite producir menos basura, ahorrar y usar menos recursos.</p>  <p>Ejemplos de que se puede reutilizar: papel y cartón, plásticos, vidrio, ropa, zapatos, juguetes y más</p>	<p>Reducir es:</p> <p>Usar y comprar únicamente lo necesario. Esto permite gastar menos y cuidar nuestro mundo.</p>  <p>Ejemplos de que se puede reducir: bolsas y botellas de plástico, vasos y platos de duroport, luz eléctrica y más.</p>

¿Sabías qué?

"En promedio cada persona produce a lo largo de su vida **90 toneladas** de basura".

Se necesita que muchas personas colaboren para clasificar los materiales reciclados, lo que **genera empleos** y así más familias tendrán comida.



¿Qué se puede reciclar?

Casi el **90%** de los desechos del hogar y la **industria**. Por eso es tan importante separar la basura y depositarla en los contenedores adecuados.

Plástico, latas de aluminio, papel, vidrio, metal, cartón, materia orgánica y otros.



¿En qué nos beneficia reciclar, reducir y reusar?



- Ahorrar recursos y dinero
- Disminuir la contaminación
- Evitar la deforestación
- Ahorrar espacio
- Alargar la vida de los objetos
- Ayudar a que sea más fácil la recolección de basura
- Vivir en un mundo más limpio y sano.



¿Somos afortunados?

"Vivimos en el único planeta donde se ha descubierto vida, que tiene más de dos tercios de agua, riqueza de vida vegetal y animal. Posee grandes extensiones de bosques y materiales que facilitan la vida.

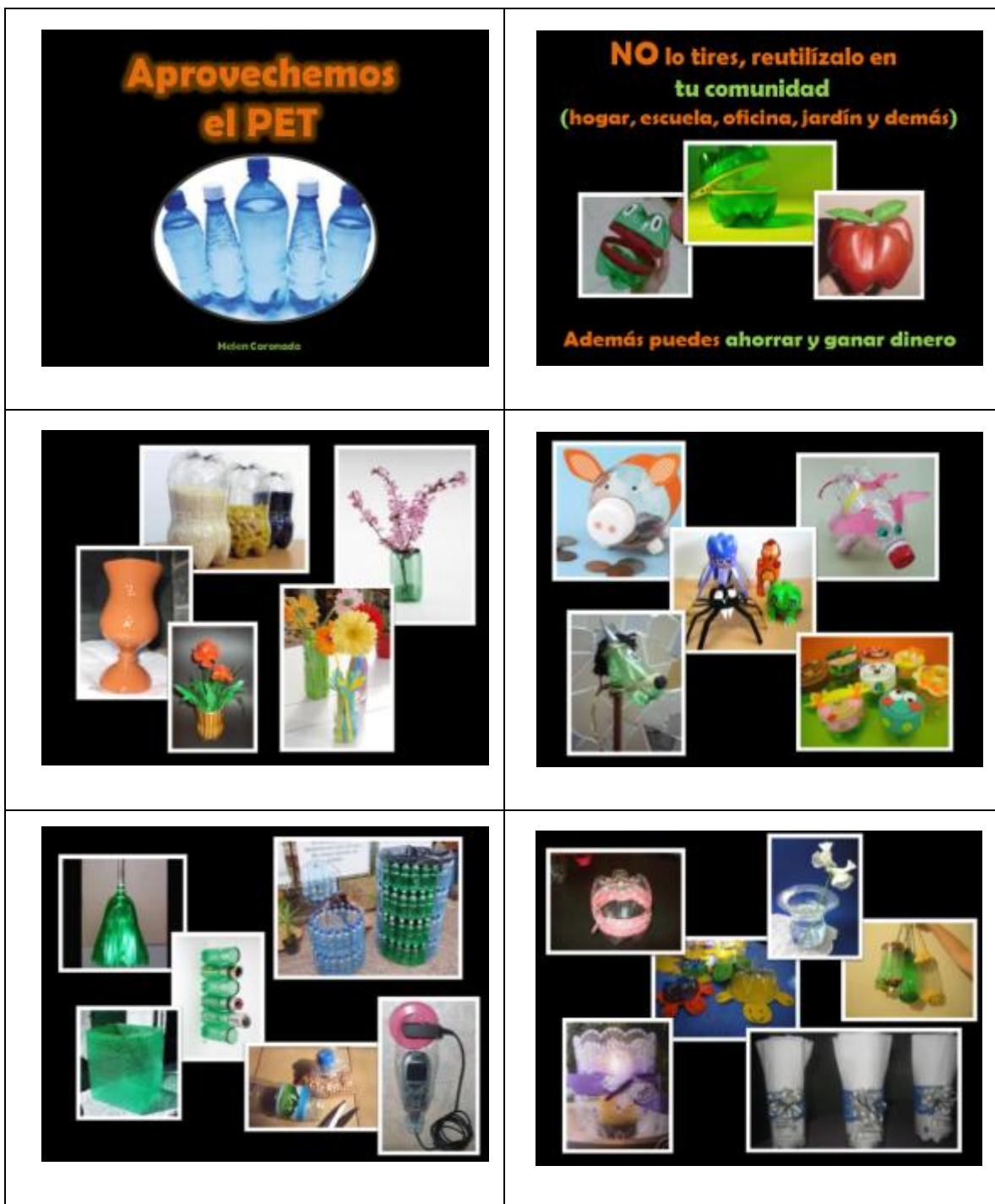
Además **tú eres parte** de una **empresa ecológicamente amigable con el ambiente**.



El cambio está en nuestras manos



Presentación 2 - Programa Educativo Ambiental - Consejos de cómo aprovechar el PET



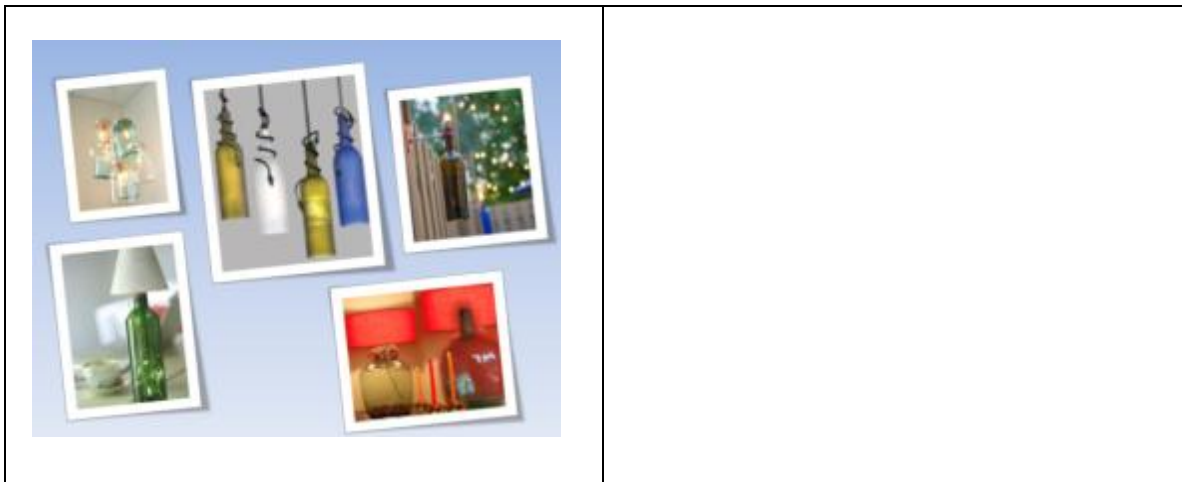




Usa tu
iCreatividad!













Presentación 3 - Programa Educativo Ambiental - Ideas para reutilizar el vidrio







Presentación 4 - Programa Educativo Ambiental - Nomenclatura Magdalena



Ejemplo de algunas diapositivas

 Nomenclatura	Desecho	Color	Tono
	Duroport	Gris	
	Orgánico	Negro	
	Plástico/Latas	Amarillo	
	Papel/Cartón	Azul	
	Vidrio	Verde	
	No clasificado	Café	
	Bagazo	Morado	
	Desechos sanitarios	Blanco	
	Residuo contaminado	Anaranjado	
	Alto Riesgo	Rojo	
	Chatarra	Celeste	



ORGÁNICOS

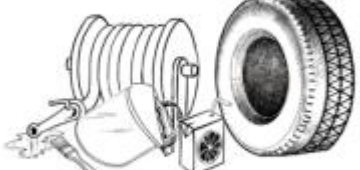

PAPEL Y CARTÓN



PLÁSTICOS Y LATAS








NO CLASIFICADOS

DUROPORT

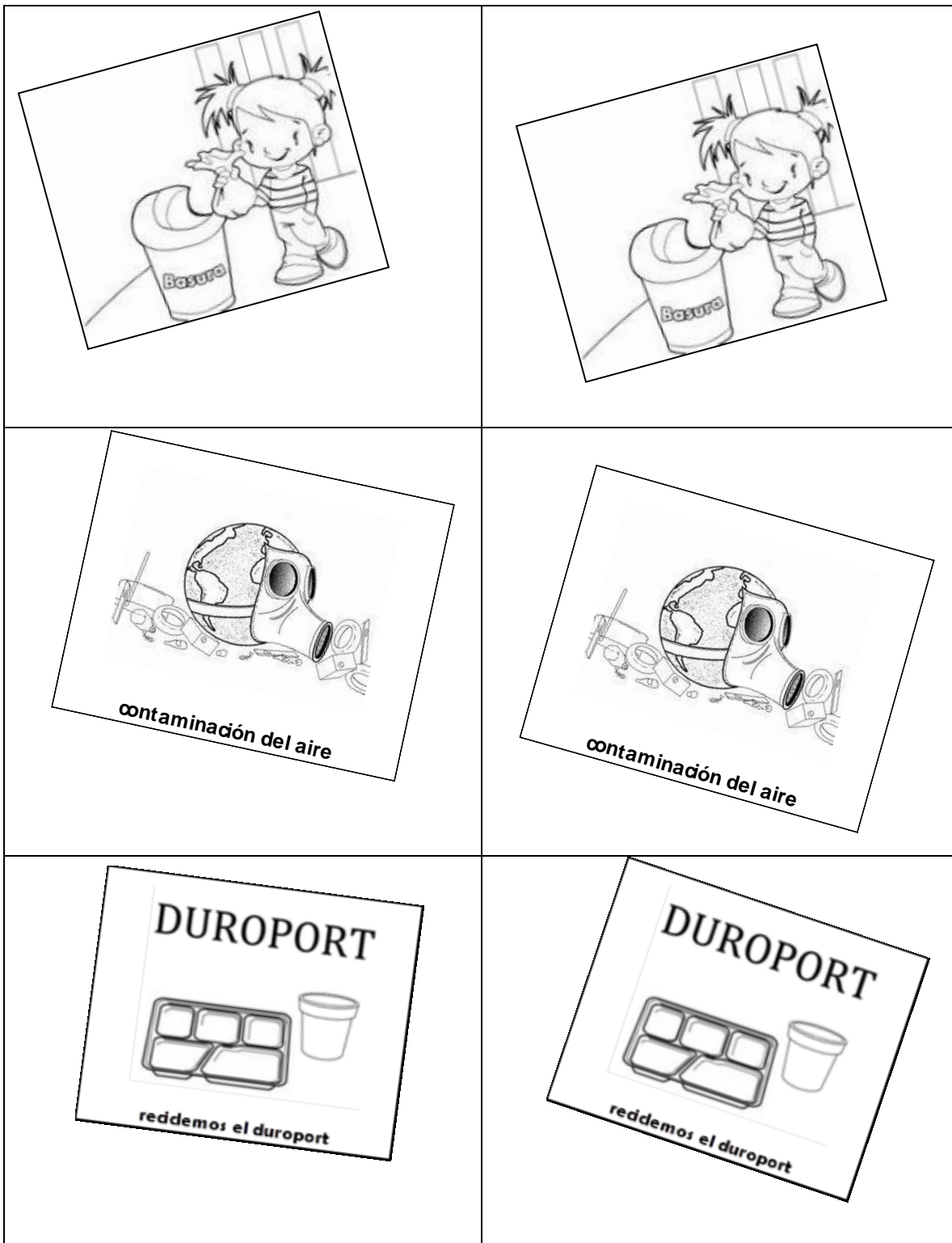



<p data-bbox="428 239 743 289">ALTO RIESGO</p>  	<p data-bbox="1068 239 1263 289">BAGAZO</p>  
--	---

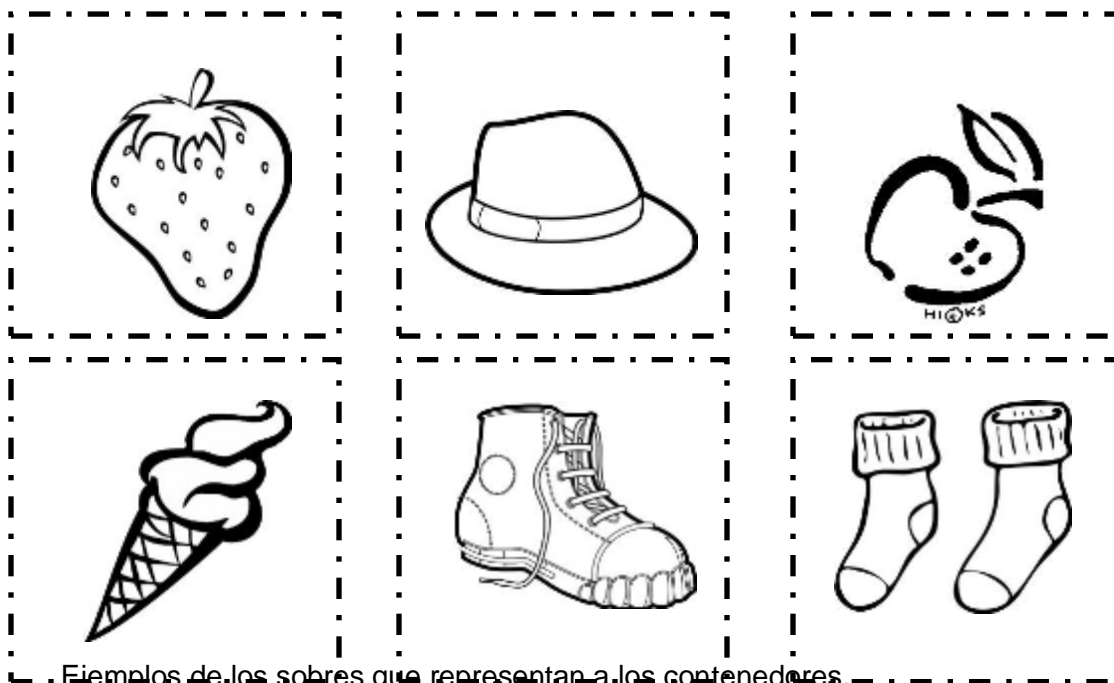
Juego educativo No. 1 Lotería Ambiental-Programa Educativo Ambiental
Ejemplo de un cartón del juego de Lotería Ambiental

<h2 style="text-align: center;">LOTERIA AMBIENTAL</h2>		
<p>Ingenio Magdalena</p>	<p>contaminación del agua</p>	<p>cuidemos la luz</p>
<p>VIDIRIO</p> <p>Recidemos vidrio</p>	<p>deposita la basura en su lugar</p>	<p>limpiemos nuestra comunidad</p>
<p>cuidemos el agua</p>	<p>contaminación del aire</p>	<p>sembrar un árbol</p>
<p>ORGÁNICOS</p> <p>recidemos lo orgánico</p>	<p>recidemos latas</p>	<p>contaminación del aire</p>

Juego educativo No. 2 Memoria ambiental - Programa Educativo Ambiental
Ejemplo de algunas cartas del juego de memoria



Juego educativo No. 3 Clasificación de figuras - Programa Educativo Ambiental
Ejemplos algunas tarjetas para ser clasificadas de acuerdo a la nomenclatura del
Ingenio.






Juego educativo No. 4 Identificación de situaciones - Programa Educativo Ambiental

Ejemplo de un cartón del juego



Programa de Capacitación
Ingenio Magdalena

Instrucciones: Lee con atención la información de las tres R. Después lee cada situación que se presenta en cada cuadro y escribe en la esquina derecha de abajo el número que consideras que es el más adecuado para representar la situación dada.

<p>1.</p>  <p>Reduce</p> <p>Evita que el material y objetos que se fabrican se conviertan en basura más tarde. Esto significa debemos de usar menos los materiales que puedan contaminar o convertirse en basura. La reducción también mantiene los metales tóxicos fuera de la basura y el agua.</p>	<p>2.</p>  <p>Reusa</p> <p>Vamos a asegurarnos de que estamos de acuerdo en lo que es reusar en realidad. Una cosa puede lavarse, esterilizarse, repararse, limpiarse o usar parte de lo que está hecha y luego usarla otra vez.</p>	<p>3.</p>  <p>Recicla</p> <p>Reciclar es moler o fundir la basura para convertirla en materia prima o material para crear de nuevo otro producto diferente, igual o parecido al que antes fue.</p>
<p>Parece que la compra de cosas en cajas pequeñas cuesta más, porque se utiliza una gran cantidad de envases. Ahora voy a comprar cajas y bolsas grandes de las cosas que usamos, por ejemplo el detergente para la ropa, o comida seca para mi mascota.</p>	<p>Los envases de leche y botellas de refresco, por ejemplo, pueden ser llevados a fábricas para deshacerse y crear unos recipientes nuevos u otros materiales.</p>	<p>Los envases pueden ser lavados, vueltos a llenar y usarlos cada día. Por ejemplo usar el mismo puchón de agua cada día y únicamente llenarlo cuando se acabe el agua y comprar una botella cada día.</p>
<p>Usar bombillas de luz fluorescente hace que la energía que se utiliza sea menos y da tanta iluminación como las bombillas comunes. Además nos evitamos de cambiarlas cada tres meses.</p>	<p>Acabo de encontrar una hoja de papel, impresa de un solo lado. La cortare en cuadrados y las pegaré para hacer un bloc de notas y la colocaré cerca del teléfono.</p>	<p>Usar bombillas de luz fluorescente hace que la energía que se utiliza sea menos y da tanta iluminación como las bombillas comunes. Además nos evitamos de cambiarlas cada tres meses.</p>
<p>Cuando llego sediento y quiero tomar un jugo de fruta, compro sobrecitos de concentrado de fruta y los mezclo con agua. Esto hace que no compre una botella o envase con jugo cada vez que voy al supermercado.</p>	<p>Cuando llego sediento y quiero tomar un jugo de fruta, compro sobrecitos de concentrado de fruta y los mezclo con agua. Esto hace que no compre una botella o envase con jugo cada vez que voy al supermercado.</p>	<p>Ahorré dinero cuando empecé a imprimir mis trabajos de ambos lados en cada página. Ahora compro la mitad del papel porque uso menos.</p>

XXII. APÉNDICE J: GLOSARIO, ACRÓNIMOS, ABREVIATURAS Y SUBÍNDICES

A. Glosario

1. Acción correctiva: Acción para eliminar la causa real de un problema. (ISO, 2004)
2. Acción preventiva: Acción para eliminar la causa potencial de un problema. (ISO, 2004)
3. Anclaje: conjunto de elementos destinados a fijar algo firmemente al suelo.
4. Área de acopio: Área de reunión en cantidad de ciertas cosas.
5. Armadura: Estructura formada por un conjunto de piezas lineales ensambladas entre sí.
6. Auditoría: Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los requisitos. (ISO, 2002)
7. Batería: Conjunto de recipientes designados para la deposición de los desechos sólidos.
8. Biodigestor: Reactor hermético en el que se lleva a cabo la digestión anaeróbica de los desechos orgánicos de forma controlada.
9. Biogás: Gas producido por digestión anaeróbica de los desechos orgánicos. Generalmente está compuesto de 40-70% en volumen de metano y el resto de dióxido de carbono, con trazas de sulfuro de hidrógeno.
10. Centro de Acopio: Área designada para congregar los desechos sólidos del ingenio, verificar su clasificación y disponer de cada una de las categorías de desechos.
11. Chatarra: Conjunto de trozos de metal de desecho, principalmente hierro.
12. Cimentación: Elemento estructural cuya misión es transmitir las cargas de una estructura al suelo distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales.

13. Clasificación de Desechos Sólidos: Separar en grupo o categorías los desechos sólidos.
14. Cocina industrial: es catalogada como una planta de alimentos.
15. Contenedor de Acopio: Receptáculo de gran capacidad, de bolsas de desechos de un área establecida.
16. Cortadores: Empleados del ingenio encargados de cortar la caña de azúcar en áreas designadas.
17. Desechos de alto riesgo: Desechos resultantes de actividades hospitalarias o que contengan cualquier tipo de fluido corporal (exceptuando los desechos sanitarios) y se consideren como un riesgo biológico potencial.
18. Desechos de bagazo: Es el bagazo arrastrado por el viento que llega a diferentes puntos de Fábrica.
19. Desechos de duroport: Desechos de materiales elaborados con polistireno expandido, como vasos, platos, embalaje, etc.
20. Desechos de latas: Desechos de las latas de aluminio y acero laminado usadas.
21. Desechos de papel: Desechos de pastas delgadas de fibras vegetales que son reciclables. El papel cebolla, papel sanitario, papel recubierto con sustancias impermeables a la humedad (como silicón, parafina, y plástico), y papel sucio o contaminado con productos químicos no es reciclable.
22. Desechos de plásticos: Desechos de sustancias basadas en polímeros que son reciclables.
23. Desechos de vidrio: Desechos de material inorgánico duro, frágil, transparente y amorfo que se obtiene de la fundición de arena de sílice, carbonato de sodio y caliza.
24. Desechos eléctricos y electrónicos: Desechos de aparatos con componentes eléctricos o electrónicos, como electrodomésticos, computadoras, máquinas expendedoras, celulares, aparatos eléctricos de consumo, etc.
25. Desechos no clasificados: Desechos que no entran en ninguna de las demás categorías y cuya disposición final es un relleno sanitario.
26. Desechos orgánicos no procesados: Desechos orgánicos antes de operaciones de cocción. Ej. Cáscaras, residuos de frutas y verduras, etc.
27. Desechos orgánicos procesados: Desechos orgánicos resultantes después de operaciones de cocción, que incluyen sobras de comida.

28. Desechos sanitarios: Desechos resultantes de operaciones de higiene personal. Ej. Toallas sanitarias, papel toalla, toallas húmedas, papel higiénico, pañales utilizados, etc.
29. Desechos sólidos: Residuos que genera el ser humano por sus actividades diarias y no son líquidos ni gaseosos.
30. Digestión anaeróbica: Es una serie de procesos en los cuales microorganismos descomponen material biodegradable en la ausencia de oxígeno.
31. Documento: Escrito adjunto a los procedimientos que contienen información relacionada con el procedimiento.
32. Efluente: Mezcla de aguas y sólidos digeridos que sale del biodigestor.
33. Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos: Persona encargada de asegurar que los lineamientos del Programa de Manejo de Desechos Sólidos se cumplan en el área bajo su cargo.
34. Fábrica: Área de un ingenio en donde se lleva a cabo el procesamiento del azúcar y la generación de energía eléctrica.
35. Gas licuado de petróleo: Mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disueltos en petróleo. Generalmente, es una mezcla de propano y butano.
36. Geodesia: Trata del levantamiento y representación de la forma y superficie de la tierra.
37. Humedad ligada: Agua física o químicamente retenida en intersticios de la materia o producto de una alta cantidad de sólidos disueltos en la materia.
38. Impacto ambiental: Cambio adverso o beneficioso en el medio ambiente, como resultado total o parcial de las actividades de un individuo u organización. (ISO, 2004)
39. Ladrillo común: Pieza de construcción con forma ortoédrica elaborada con arcilla. En Guatemala es llamado tayuyo.
40. Losa: Estructura plana horizontal de concreto reforzado que sirve como base o que separa niveles en una edificación. Comúnmente llamada plancha
41. Manejo integral de desechos sólidos: Es un conjunto de acciones normativas, financieras y de planeamiento que se aplica a todas las etapas del manejo de residuos sólidos desde su generación, basándose en criterios sanitarios, ambientales y de viabilidad técnica y económica para la reducción en la fuente, el aprovechamiento, tratamiento y la disposición final de los residuos sólidos.

42. Política ambiental: Intenciones y dirección generales de una organización, relacionadas con su desempeño con el ambiente, expresadas formalmente por la alta dirección. (ISO, 2004)
43. Potencial de producción de biogás: Es la relación entre el volumen total de biogás producido durante la fermentación y la masa de sólidos volátiles que produjeron esa cantidad de biogás.
44. Recipientes: Receptáculos de pequeña capacidad (entre 0.063 y 0.236m³) utilizados para que las personas depositen los desechos sólidos. Estos pueden ser de metal o plástico.
45. Recolector: Personal del Programa de Manejo de Desechos, encargado de transportar las bolsas con desechos a los contenedores o lugares designados para su recolección y posterior transporte al Centro de Acopio.
46. Registro: Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas. Por lo general se refiere a un formato ya utilizado en el que se han anotado valores medidos u observaciones.
47. Sólidos totales: Son todos los sólidos presentes en una sustancia. En el caso de los desechos se refiere a los sólidos volátiles y a los sólidos inorgánicos.
48. Sólidos volátiles: Son los sólidos presentes en la materia orgánica que las bacterias pueden descomponer.
49. Teodolito: Instrumento de medición mecánico/óptico que se utiliza para obtener ángulos verticales y horizontales.
50. Zafra: Temporada en la que los ingenios azucareros cosechan la caña de azúcar para procesarla. El resto del tiempo, los ingenios no tienen producción de azúcar.
51. **Zapata:** parte del cimiento de una estructura con base ensanchada para distribuir las cargas de una estructura en una superficie más amplia.

B. Acrónimos

BPA	Buenas prácticas agrícolas
BPM	Buenas prácticas de manufactura
CA	Centro de Acopio
CCA	Coordinador del Centro de Acopio
CMD	Comité de Manejo de Desechos
EPMDS	Encargado del Programa de Manejo de Desechos Sólidos
IMSA	Ingenio Magdalena, S.A.
ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional para la Estandarización)
LPG	Gas Licuado de Petróleo
MAGRISA	Maquinaria Agrícola S.A.
PEAD	Polietileno de Alta Densidad
PEBD	Polietileno de Baja Densidad
PET	Politereftalato de Etileno
PMD	Programa de Manejo de Desechos
PP	Polipropileno
PS	Poliestireno
PVC	Policloruro de Vinilo
SGA	Sistema de Gestión Ambiental
SGC	Sistema de Gestión de Calidad
TIR	Tasa Interna de Retorno de la Inversión
VAN	Valor Actual Neto

C. Abreviaturas

C/N	Relación Carbono/Nitrógeno
DO	Desecho Orgánico
m	Masa
NP	Desecho sólido Orgánico No Procesado
P	Desecho sólido Orgánico Procesado

ST	Sólidos totales
SV	Sólido volátiles

D. Subíndices

A	Acumulado
Ag	Agua
C	Ceniza
D	Desechosólidoorgánico
DS	Desechosólidoorgánicoseco
Exp	Experimental
i	Inóculo
NP	No Procesado
P	Procesado
R	Reactor
T	Total
Teo	Teórico
1	Muestra 1
2	Muestra 2
3	Muestra 3