

**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**MEGAPROYECTO**

**TRATAMIENTO AERÓBICO DE DESECHOS VERDES DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA PARA LA  
FABRICACIÓN DE ABONO ORGÁNICO**

Trabajo de investigación presentado por:

Diego Andrés Zelada Geronazzo y Erick Roberto Campos González  
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica y  
Karen María Díaz Lobos para optar al grado académico de Licenciatura en  
Ingeniería Industrial

**Guatemala**

**2011**

**MEGAPROYECTO**  
**TRATAMIENTO AERÓBICO DE DESECHOS VERDES DE LA**  
**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA PARA LA**  
**FABRICACIÓN DE ABONO ORGÁNICO**



**UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**MEGAPROYECTO**

**TRATAMIENTO AERÓBICO DE DESECHOS VERDES DE LA  
UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA PARA LA  
FABRICACIÓN DE ABONO ORGÁNICO**

Trabajo de investigación presentado por:

Diego Andrés Zelada Geronazzo y Erick Roberto Campos González


para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica y

Karen María Díaz Lobos para optar al grado académico de Licenciatura en  
Ingeniería Industrial

**Guatemala**

**2011**

VoBo:

(f) 

Ing. Victor Hugo Ayerdi

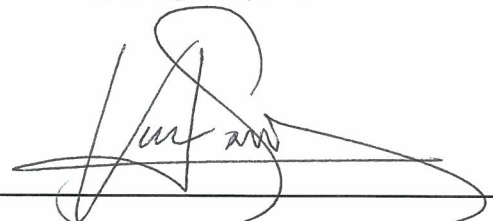
Tribunal:

(f) 

Ing. Manuel Ruano

(f) 

Ing. Diego Zapparolli

(f) 

Ing. Vivian Sigüenza

Fecha de aprobación de examen de graduación: 15 de noviembre de 2011

## CONTENIDO

	Página
CONTENIDO.....	vi
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE ILUSTRACIONES Y GRÁFICAS.....	xv
RESUMEN.....	xix
I.INTRODUCCIÓN.....	1
II.OBJETIVOS.....	2
III.JUSTIFICACIÓN.....	3
IV.MARCO TEÓRICO.....	4
A. Compost.....	4
B. Biodigestor.....	6
1. Sistemas abiertos.....	6
C. Variables en el proceso de degradación.....	8
1. Material orgánico.....	8
2. Aire.....	9
3. Humedad.....	10
4. Temperatura.....	11
5. Subsuelo.....	12
6. Condiciones climatológicas.....	13
D. Beneficios.....	14
1. Económicos.....	14

2. Ecológicos. . . . .	14
E. Flujo de conductos. . . . .	15
F. Turbulencia y su influencia en el flujo de tuberías. . . . .	17
G. Flujo de entradas de tuberías y pérdidas por conexiones. . . . .	20
1. Flujo de entrada de una tubería. . . . .	20
2. Flujo a través de un codo. . . . .	22
H. Impacto ambiental. . . . .	24
1. Desechos sólidos orgánicos. . . . .	24
2. Desechos orgánicos en vertederos. . . . .	24
3. Desechos a nivel mundial. . . . .	25
4. Contaminación y reducción de desechos. . . . .	26
5. Contaminación ambiental. . . . .	27
6. Intervención de países para la contaminación del medio ambiente. . . . .	29
7. Problema común de acumulación de desechos en Guatemala. . . . .	30
8. Legislación y normativas. . . . .	32
V. ANTECEDENTES. . . . .	33
A. Tendencias de los abonos orgánicos. . . . .	33
B. Situación actual de los abonos orgánicos. . . . .	35
1. Situación internacional. . . . .	35
2. Situación en Guatemala. . . . .	36

C.	Aireación, uno de los parámetros principales en el proceso de compostaje. . . . .	41
D.	Sistemas de compostaje en espacios abiertos. . . . .	42
1.	Compostaje en pilas estáticas con aireación natural. . . . .	43
2.	Compostaje en pilas estáticas con ventilación forzada. . . . .	43
3.	Compostaje en pilas de volteo. . . . .	44
VI.	METODOLOGÍA. . . . .	46
A.	Entorno verde y ecológico UVG. . . . .	46
B.	Mercado interno de abono dentro de la UVG. . . . .	48
C.	Consumo interno de abono. . . . .	49
D.	Desechos UVG. . . . .	50
E.	Desechos de cafetería UVG. . . . .	52
F.	Manejo de desechos de jardinería dentro de la UVG. . . . .	55
1.	Recolección de desechos del proyecto estudiado. . . . .	57
G.	Oportunidades de cambio. . . . .	59
H.	Etapa preliminar del montaje del sistema de aireación. . . . .	60
I.	Etapa experimental. . . . .	66
1.	Ensamblaje del prototipo. . . . .	66
2.	Secuencia del ensamblado. . . . .	67
3.	Determinación de caudal, presión estática del ventilador. . . . .	68
J.	Etapa preliminar del biodigestor. . . . .	72
K.	Etapa experimental. . . . .	75

L. Costos relacionados al proyecto. . . . .	79
VII. RESULTADOS. . . . .	82
A. Resultados del biodigestor . . . . .	82
1. Etapa # 1. . . . .	82
2. Etapa # 2. . . . .	85
B. Costos. . . . .	89
VIII. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA. . . . .	97
IX. FLUJO SEMI CONTÍNUO DE PRODUCCIÓN DE ABONO. . . . .	99
A. Generalidades de la propuesta. . . . .	99
B. Suposiciones. . . . .	100
1. Suposiciones del modelo. . . . .	101
2. Desechos de jardinería generados por la UVG. . . . .	102
3. Producción anual. . . . .	105
C. Actividades del proceso. . . . .	108
D. Diagrama de actividades de la propuesta mejorada de recolección de desechos. . . . .	111
E. Beneficio económico y ambiental. . . . .	112
1. Oportunidad de ahorro. . . . .	112
2. Otros beneficios. . . . .	113
X. OPORTUNIDADES DE MERCADO. . . . .	114
A. Mercado de abono orgánico fuera de la UVG (Competencia). . . . .	114
B. Características de abono orgánico en el mercado externo. . . . .	117

1. Características del producto que ofrecen las empresas de mayor competencia, en cuanto a la producción de compost. ....	117
C. Precios de la competencia. ....	123
D. Oportunidades de negocio. ....	123
E. Si se decide comercializar el compost de la UVG. ....	125
XI. ANÁLISIS FINANCIERO. ....	127
A. Horizonte de planeación. ....	127
B. Fuentes de ingresos. ....	128
1. Por costo de oportunidad. ....	131
2. Por precio de venta. ....	132
3. Ingresos anuales. ....	134
4. Ingresos por pila. ....	134
C. Costos. ....	135
D. Estado de resultados. ....	140
E. Flujo de caja. ....	146
F. Valor Presente Neto (VPN). ....	151
XII. ANÁLISIS DE RIESGO. ....	153
A. Factor de riesgo 1: Características del residuo. ....	153
B. Factor de riesgo 2: Condiciones ambientales. ....	154
1. Metodología utilizada. ....	156
C. Regresión lineal. ....	163

1. Resultados esperados. ....	164
XIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS. ....	166
XIV. PREPARACIÓN DE MATERIALES. ....	177
A. Preparación. ....	178
B. Almacenamiento. ....	178
C. Especificaciones. ....	179
XV. CONTROL DE VARIABLES CRÍTICAS. ....	181
A. Temperatura. ....	181
B. Porcentaje de humedad. ....	182
XVI. MANUAL DE FABRICACIÓN DE COMPOST. ....	186
A. Equipo necesario. ....	186
B. Instrucciones de montaje. ....	187
C. Procedimientos de recolección y almacenamiento de desechos. ....	187
D. Instrucciones de operación del equipo. ....	188
E. Instrucciones para el control de variables. ....	190
F. Instrucciones de volteo. ....	191
G. Instrucciones de colecta y distribución del producto final. ....	192
XVII. CONCLUSIONES. ....	193
XVIII. RECOMENDACIONES. ....	194
XIX. BIBLIOGRAFIA. ....	195
XX. ANEXOS. ....	200

## LISTA DE TABLAS

Tabla		Página
1	Coefficientes de pérdida para varias conexiones y transiciones, Crowe, Elger, Robertson, 2007. . . . .	23
2	Sistemas de compostaje, Composting of agricultural and other wastes, 1984. . . . .	42
3	Consumo de abono. . . . .	49
4	Bolsas diarias generadas por las cafeterías de la Universidad. . . . .	53
5	Horario del camión de basura. . . . .	53
6	Porcentajes de desechos generados por las personas de la Universidad. . . . .	54
7	Peso de bolsas. . . . .	54
8	Especificaciones del motor. . . . .	61
9	Características del soplador Dayton. . . . .	62
10	Especificaciones del equipo misceláneo. . . . .	63
11	Especificaciones temporizador Intermatic C8865, <a href="http://www.intermatic.com/products">http://www.intermatic.com/products</a> . . . . .	66
12	Proporciones de materia prima en el biogestor, autor. . . . .	74
13	Inversión inicial. . . . .	81
14	Parámetros de operación, etapa # 1. . . . .	82
15	Patrones de volteo y adición de agua, etapa # 1. . . . .	83
16	Rangos de temperatura, etapa # 1. . . . .	83

17	Parámetros de operación, etapa # 2. . . . .	85
18	Reacondicionamiento de dimensiones y adición de agua, etapa # 2. . . . .	86
19	Rangos de temperatura, etapa # 2. . . . .	86
20	Datos finales. . . . .	88
21	Resultados de laboratorio vs. compost comercial. . . . .	88
22	Materiales directos de fabricación. . . . .	89
23	Costos fijos mensuales. . . . .	90
24	Costos variables mensuales. . . . .	91
25	Costo del área de trabajo. . . . .	92
26	Amortización del equipo. . . . .	93
27	Precio energía eléctrica. . . . .	94
28	Consumo energía eléctrica motor. . . . .	94
29	Costos unitarios. . . . .	96
30	Control de mantenimiento. . . . .	98
31	Cantidad de bolsas de desechos de jardinería generados por la UVG durante la temporada A y B. . . . .	102
32	Peso promedio bolsa de materia prima. . . . .	103
33	Resumen por temporada de la producción de desechos de jardinería generados por la UVG. . . . .	103
34	Factores de conversión. . . . .	104
35	Resultados esperados. . . . .	107
36	Densidad del compost. . . . .	108

37	Actividades fundamentales del proceso. . . . .	109
38	Oportunidad de ahorro. . . . .	112
39	Empresas que producen abono orgánico en Guatemala. . . . .	114
40	Contenidos del abono orgánico BOKASHI . . . . .	122
41	Competencia de abono orgánico en Guatemala. . . . .	123
42	Producción mensual de compost. . . . .	129
43	Ahorro al utilizar el compost generado. . . . .	131
44	Precios de competencia directa. . . . .	133
45	Kilogramos de compost por año. . . . .	133
46	Ingresos de compost por año. . . . .	134
47	Ingresos por pila. . . . .	135
48	Precio de venta por cada 100 libras de compost. . . . .	135
49	Costos por pila por los 2 años de proyecto. . . . .	137
50	Costos por los 2 años de proyecto. . . . .	137
51	Materiales directos de fabricación por pila. . . . .	138
52	Costos mensuales. . . . .	138
53	Costos mensuales que no representan salida de efectivo. . . . .	139
54	Costos variables mensuales por pila. . . . .	139
55	Estado de resultados actual. . . . .	141
56	Estado de resultados con todos los costos que incurren en el proyecto. . . . .	143
57	Catalogación de la materia orgánica, <a href="http://www.tierramorg.org">www.tierramorg.org</a> . . . . .	154

58	Temperatura Ciudad de Guatemala enero 2010. . . . .	158
59	Resumen de Ocurrencia de temperaturas extremas año 2010. . . .	159
60	Probabilidad de ocurrencia de temperaturas extremas del año 2007 – 2011. . . . .	160
61	Resumen del año 2010. . . . .	161
62	Probabilidad de riesgo proyecto al año 2012. . . . .	164

## LISTA DE ILUSTRACIONES Y GRÁFICAS

Ilustración		Página
1	Compost. . . . .	4
2	Pila estática . . . . .	7
3	Relación teórica carbono/nitrógeno. . . . .	9
4	Fases mibrobianas, Aubert 1998. . . . .	12
5	Compost comercial. . . . .	15
6	Flujo en una sección de tubería, Crowe, Elger, Roberson, 2007. . . . .	16
7	Flujo laminar y flujo turbulento, Román 2010. . . . .	17
8	Corriente de tinta en un flujo laminar, Potter, Wiggert, 1998. . . . .	18
9	Corriente de tinta que se mezcla en un flujo turbulento, Potter, Wiggert, 1998. . . . .	19
10	Perfil de velocidad para flujo turbulento en conductos, Potter, Wiggert, 1998. . . . .	20
11	Características de un flujo a la entrada de un tubo, Crowe,	

	Elger, Roberson 2007. ....	21
12	Patrón de flujo en un codo, Crowe, Elger, Roberson 2007. ....	22
13	Baños actuales de la familia Maldonado . . . . .	37
14	Baños actuales de la familia Aguilar. . . . .	37
15	Plataforma alta de baños para evitar las inundaciones. . . . .	38
16	Baños reconstruidos con material reutilizable. . . . .	39
17	Baños más altos para evitar las inundaciones. . . . .	39
18	Curva teórica de las necesidades de oxígeno durante el compostaje 1987. . . . .	41
19	Pilas de compost aireadas artificialmente a través de tuberías perforadas en Costa <i>et al.</i> ,1991. . . . .	45
20	Mapa de áreas verdes UVG, Departamento de Mantenimiento UVG. . . . .	48
21	Generación de desechos en la UVG. . . . .	51
22	Manejo de desechos de jardinería en la UVG. . . . .	56
23	Almacenamiento de basura dentro de la UVG. . . . .	56
24	Diagrama de flujo de recolección de desechos actual. . . . .	58
25	Motor Dayton 3zp92, <a href="http://www.grainger.com">http://www.grainger.com</a> . . . . .	62
26	Soplador Dayton 2C863, <a href="http://grainger.com">http://grainger.com</a> . . . . .	63
27	Temporizador Intermatic modelo C8865, <a href="http://intermatic.com/products">http://intermatic.com/products</a> . . . . .	64
28	Diagrama eléctrico temporizador C8865, <a href="http://intermatic.com/products">http://intermatic.com/products</a> . . . . .	65
29	Plano de ensamble. . . . .	66

30	Sistema de ventilación. . . . .	67
31	Anemómetro electrónico Power Instruments. . . . .	68
32	Flujo en el tubo de aireación, manómetro diferencial. . . . .	69
33	Medición de velocidad en los agujeros. . . . .	69
34	Dimensiones pila de desechos. . . . .	70
35	Cantidad de materia sobre agujero más crítico. . . . .	71
36	Tonel de protección y sistema de ventilación. . . . .	71
37	Instalación de biodigestor, autor. . . . .	74
38	Bosquejo de instalación CERISOLA 1989. . . . .	76
39	Biodigestor operando, etapa # 1, autor. . . . .	76
40	Comportamiento del biodigestor, García 1987. . . . .	78
41	Biodigestor operando, etapa # 2, autor. . . . .	79
42	Biodigestor en forma de pila. . . . .	80
43	Reactor. . . . .	80
44	Material final, compost. . . . .	89
45	Ciclo de compostaje. . . . .	99
46	Ciclo anual de producción. . . . .	105
47	Diagrama de flujo de propuesta mejorada para recolección de desechos. . . . .	111
48	Producción de abono orgánico de El Paraíso. . . . .	118
49	Producción de abono orgánico a base de gallinaza. . . . .	118
50	Producto para la venta de compost. . . . .	119

51	Producto de complemento para la aplicación de compost. . . . .	120
52	Producto completo con instrucciones para producir compost . . . . .	120
53	Algunos productos de Marketin Arm International para regular el crecimiento vegetal. . . . .	121
54	Estado de resultados mensual por los cinco años de proyecto. . . . .	144
55	Flujo de caja del proyecto. . . . .	147
56	Flujo de caja proyectado a cinco años. . . . .	149
57	Condiciones ambientales. . . . .	155
58	Distribución normal. . . . .	161
59	Termómetro utilizado, el autor. . . . .	181
60	Equipo para medición de humedad marca OHAUS. . . . .	184
61	Equipo abierto. . . . .	185

## Gráficas

1	Temperaturas, etapa # 1. . . . .	84
2	Temperaturas, etapa # 2. . . . .	87
3	Comportamiento de la temperatura durante el año 2010. . . . .	162
4	Incidencia de temperaturas extremas (mensual) . . . . .	162
5	Dispersión y regresión estimada. . . . .	163
6	Comportamiento temperatura estándar. . . . .	190

## RESUMEN

Hoy en día vivimos en un mundo donde la necesidad de aprovechar aquellos recursos que son considerados desechos, surge como una respuesta a los problemas ambientales que son producto de la excesiva contaminación generada por la industrialización y otros factores.

Este trabajo planea dar a conocer una alternativa diferente para el buen aprovechamiento de los desechos de jardinería generados dentro del campus de la Universidad Del Valle De Guatemala. Para lograrlo, se trabajó en la implementación de un proyecto piloto para la producción de abono orgánico (compost) a través de un sistema aeróbico que degrada los desechos de jardinería reduciendo en un tercio su tiempo de degradación natural.

Se lograron los objetivos propuestos y como resultados se obtuvo un prototipo de biodigestor capaz de degradar desechos de jardinería, así como también se lograron establecer lineamientos fundamentales para el montaje, operación, mantenimiento y diseño de una propuesta de producción continua de abono, que permite la reducción de costos, y se refleja en beneficios económicos para la Universidad.

Por último es importante resaltar la importancia del trabajo en equipo por parte de los estudiantes de ingeniería industrial y mecánica, quienes a lo largo de tres semestres trabajaron de forma conjunta para lograr la culminación exitosa de este megaproyecto.

# I. INTRODUCCIÓN

Durante muchos años, el tema de la reutilización de recursos y sobre todo el aprovechamiento de aquellos que son comúnmente desechados ha sido el objetivo de muchos proyectos trascendentales así como también un reto para aquellos que deseamos vivir en un mundo libre de contaminación.

En la actualidad existen muchos problemas relacionados con el manejo de los desechos debido a la gran cantidad de enfermedades y problemas ambientales que éstos conllevan. Si bien, los desechos de jardinería son uno de los menos nocivos, es de suma importancia desearlos de una manera conveniente o aprovecharlos de alguna forma. Generar abono a partir de ellos es una alternativa práctica de reutilizarlos y aprovechar los nutrientes que ya contienen, tanto en la agricultura como en la jardinería.

El presente trabajo es una combinación de investigación sobre la descomposición de desechos y la generación de abono orgánico conocido como "compost", exploración en el ámbito de los proyectos y prueba de nuevos procedimientos que tuvieron culminación en un prototipo de biodigestor con un sistema de aireación forzada capaz de acelerar el proceso de degradación y reducir el tiempo de generación de abono. Además se complementó con un análisis de factibilidad económica y ambiental para determinar la viabilidad financiera.

## II. OBJETIVOS

El objetivo principal de este módulo es complementar los módulos de ingeniería mecánica, aportando un estudio de factibilidad del proyecto en términos ambientales y económicos. Los objetivos específicos son:

1. Estudiar y entender el manejo actual de desechos de la UVG.
2. Diseñar una propuesta factible para generar compost durante todo el año, utilizando los desechos de jardinería de la UVG.
3. Cuantificar el ahorro que representaría para la UVG la implementación de un ciclo de producción de compost durante todo el año.
4. Identificar los factores de riesgo del proyecto y de la inversión.
5. Proponer mejoras para el manejo de los residuos generados dentro de la UVG y el buen aprovechamiento de los desechos de jardinería.

### III. JUSTIFICACIÓN

En la Universidad del Valle de Guatemala se cuenta con una gran cantidad de áreas verdes las cuales generan a su vez muchos desechos verdes de jardinería que no son aprovechados. Actualmente, la Universidad demanda anualmente cierta cantidad de abono para mejorar las condiciones de sus áreas verdes.

Como futuros ingenieros, alumnos de la UVG y jóvenes comprometidos con nuestro país, consideramos que es fundamental contemplar el medio ambiente y el buen aprovechamiento de los recursos naturales como una alternativa para disminuir los índices de contaminación y preservar nuestra flora y fauna.

La implementación de sistemas económicamente viables que ayuden a lograr este objetivo juega un papel fundamental y es de gran beneficio para toda la comunidad.

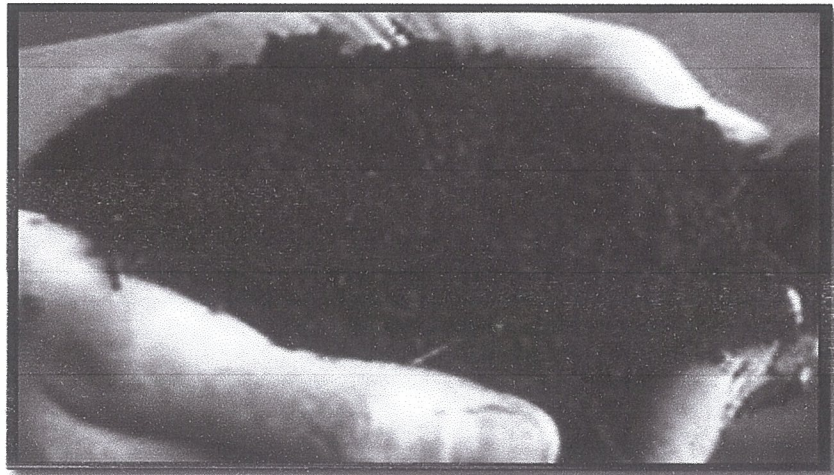
La implementación de un biodigestor que degrade los desechos de jardinería del campus de la Universidad para así poder ser re utilizados y posteriormente convertirlos en abono orgánico es un proyecto que trae grandes beneficios no solo para la Universidad sino también para el medio ambiente.

## IV. MARCO TEÓRICO

### A. Compost

Es un proceso biológico de biodegradación aeróbica de materia orgánica realizado por microorganismos que se alimentan y reproducen gracias a las condiciones que les ofrece este tipo de materia. La degradación se puede generar de dos maneras, ya sea aeróbica; a la materia orgánica se le provee condiciones con suficiente aire, para que las bacterias termófilas existentes en cualquier componente orgánico generen un proceso de degradación seguida de una fermentación con otro tipo de organismos. La otra manera es por medio de una degradación anaeróbica; esto se traduce a falta de aire y a un proceso que más que una degradación, es una putrefacción de la materia orgánica.

Ilustración 1, Compost



Fuente: Elaboración propia

Los residuos de materia orgánica son animales o vegetales, que poseen organismos vivos, siendo estos microorganismos los encargados de regresar a la tierra lo que en algún momento fue parte de ella. Su principal componente es el carbono, siendo este componente uno de los más importantes en la estructura molecular de los seres vivos. Algunos ejemplos de este tipo de materia son los

residuos domiciliarios, las cáscaras de frutas, la comida que se desperdicia, la grama, hojas, ramas, etc.

En los últimos años se ha progresado en la recolección de residuos, pero esto no ha ido de la mano en el tema de qué hacer con esos residuos. Debido a esto surgió la medida complementaria de tratamiento mecánico biológico de los residuos y en la actualidad este tipo de práctica se desarrolla en los países industrializados de una manera sustentable y altamente tecnificada.

La idea básica del tratamiento mecánico-biológico de residuos es realizar un tratamiento previo controlado de los residuos sólidos antes de su disposición, a fin de optimizar la descomposición del componente orgánico, logrando así simultáneamente reducir el potencial de contaminación.

El tratamiento mecánico-biológico de residuos puede resultar, en determinadas condiciones, más económico y se considera por ello como una interesante alternativa tecnológica.

En el estado de Carolina de Norte el gobierno ha desarrollado un plan para poder hacer de esta actividad un éxito tanto ecológico como económico. El estado de Carolina tomó esta decisión basado en que el 60% de la basura del estado era materia orgánica y este tipo de basura sin un control genera gases de efecto invernadero produciendo contaminación y un daño para el planeta. El ayuntamiento al conocer de estas nuevas técnicas de reciclaje y sabiendo del problema que genera esta basura, decidieron tomar medidas y así es como surge este proceso. Ellos han demostrado que el mercado del abono orgánico está creciendo y se está volviendo cada vez más rentable para las personas que lo practican y para el ambiente.

Se entiende por entorno ecológico todo aquello que afecta, influye, participa y condiciona las circunstancias de vida y desarrollo de un sistema natural o artificial. A su vez, éste comprende un conjunto de factores naturales, sociales y culturales que existen un lugar y momento determinado. Estos factores influyen en la vida actual del sistema y en la de las próximas

generaciones relacionadas a él. El entorno ecológico es el medio en el cual los factores ambientales se ven afectados por factores externos que influyen en el sistema.

Un entorno podría considerarse un “conjunto principal” en el cual el sistema dado es un subconjunto. Para fines de este reporte, el subconjunto será la UVG y el conjunto principal su entorno ecológico a lo largo del tiempo.

## B. Biodigestor

Es un área en el cual se acumulan desechos orgánicos con el fin de producir una descomposición biológica de los mismos, mediante el control de variables críticas para la generación de microorganismos encargados de degradar la materia. El biodigestor puede ser de dos maneras, abierta (pila) o cerrado (reactor). De ambas maneras se puede generar el compost pero cada una tiene sus pros y contras, dependiendo siempre de los factores a los cuales se exponga el biodigestor.

1. **Sistemas abiertos.** Ésta es la forma más sencilla y económica de generar compost, ya que no se necesita de alguna estructura en especial para generar las condiciones de descomposición. Ésta se puede poner en cualquier área abierta y la principal característica es que, se apila en grandes cantidades de materia orgánica.

En este tipo de sistema existen dos tipos de variantes, pueden ser estático o dinámico. En la variante estática se introducen una serie de tuberías para la inyección de aire para así nunca tener la necesidad de volteo. En la variante dinámica se necesita de un volteo constante, debido a que carece de tuberías que lleven el aire a toda la pila y si no se voltea no existe la manera de que entre el aire al biodigestor.

Ilustración 2, pila estática



Fuente: Elaboración propia

Los abonos pueden dividirse en dos grandes categorías. Los abonos orgánicos y los inorgánicos. Aunque ambos tienen la misma función, la fuente de la que provienen es distinta. Abono orgánico es todo aquel fertilizante proveniente de la degradación y mineralización de materiales orgánicos, tales como restos vegetales, estiércoles, desechos verdes, etc. El abono orgánico también es llamado compost. El compost es el resultado de un proceso de compostaje en el cual la descomposición y degradación del material se dio de forma aeróbica y dando como resultado un producto sólido capaz de incorporarse al suelo y contribuir con los nutrientes de la plantas y la eliminación total o parcial de enfermedades causadas por microorganismos patógenos a las plantas. La calidad del abono orgánico (compost) se refiere a la presencia de sustancias al “humus” (grado de degradación) producidas como resultado de las conversiones bioquímicas en el proceso oxidativo.

Es importante notar que a pesar de que el compost no es el único abono orgánico que existe, es muy común que ambos términos puedan referirse al mismo significado. Para fines de este reporte, se hará mención al abono orgánico para referirse al compost, y viceversa

## C. Variables en el proceso de degradación

1. **Material orgánico.** Éste debe ser una mezcla equilibrada de materiales, una mezcla de distintos tipos de materia para que el biodigestor posea una materia orgánica más rica en cuanto a elementos que brindarán una degradación más estable, debido que la diversidad de materia proporcionara diferentes nutrientes al biodigestor. Al decir equilibrado lo que se quiere dar a entender es, que se debe tratar que la mezcla que se quiere compostar, sea rica tanto en Carbono como en Nitrógeno. La razón por la cual es necesario que esta relación sea elevada y equilibrada, es porque son los elementos que se consumen en un mayor grado y son los que nos brindan un desarrollo estable del compost.

Existen dos panoramas muy marcados a lo que respecta la relación de estos dos elementos, la consecuencia de una relación Carbono elevada y bajo Nitrógeno, es que la degradación se da en un periodo de tiempo más largo debido a la falta de nitrógeno para cubrir las necesidades de los microorganismos. El porcentaje óptimo de la relación Carbono, Nitrógeno para un biodigestor está en el rango de 25/1 a 40/1 dependiendo de la referencia.

El caso contrario es la relación carbono bajo y nitrógeno alto, lo que produce un fenómeno de autorregulación. La autorregulación produce la pérdida de nitrógeno sobrante en forma de amoníaco y como resultado la pérdida de un elemento valioso para cualquier fertilizante. Esto sin tomar en cuenta la contaminación que produce el amoníaco sobre la atmósfera.

Ilustración 3, Relación teórica carbono/nitrógeno

Material	Nitrogeno % (promedio)	Relacion C:N % (promedio)	Humedad % (promedio)
Cascara de Manzana	1.1	48	88
Carton	0.1	500	8
Restos de Comida	2.5	15	69
Hollejos de uva	1.8	28	75
Cesped cortado	3.4	17	82
Heno (leguminoso)	2.5	16	10
Heno (no-leguminoso)	1.3	32	10
Hojas	1	54	38
Estiercol (vacas)	2.5	19	81
Estiercol (caballo)	1.6	30	72
Papel de diarios	0.1	400	5
Cascaras de arroz	0.3	120	14
Aserrin	<0.1	442	40
Paja (cereales)	1.3	75	10
Virutas de Madera	<0.1	500	5

Fuente: Elaboración propia

2. **Aire.** Al ser un proceso aeróbico la cantidad de aire es el que rige de alguna manera el proceso de degradación. El aire resulta vital para la vida microbiana de un biodigestor. Las cantidades que necesita un biodigestor dependen de muchas variables y por eso mismo es muy difícil encontrar una cantidad exacta de aire necesaria para la degradación, incluso hoy en día con toda la tecnología que existe no se puede determinar una relación aire-desechos, esto se debe a que la composición de un biodigestor nunca es uniforme en sus componentes, porque depende de la diversidad de material

orgánico y debido a esto la suministración de aire se reduce a ensayo-error, siempre basándose en la etapa de degradación que se encuentra la materia orgánica y qué tipo de materia orgánica (tipo de material, textura, humedad) se posee y desea compostar.

El tipo de materia orgánica determinará (densidad), si ésta permite que el aire se esparza por toda la pila y que no cree una barrera contra el flujo del aire, ya que si ésta crea una barrera debido al material, el aire no podría abastecer todo el biodigestor y como consecuencia no se tendría una reacción en todas partes y no se podría generar una completa o parcial degradación de la materia. La otra variable es la etapa en la que se encuentra el biodigestor, ya que a medida que va aumentando la temperatura y cambiando de etapa debido a la actividad microbiana, la demanda de aire se ve afectada debido al consumo del mismo y como consecuencia se necesita más aire para la degradación.

3. **Humedad.** Los microorganismos necesitan un porcentaje de agua para su metabolismo; además, el agua es esencial para el transporte de los nutrientes; en otras palabras, el tiempo de la descomposición de la materia orgánica es determinado de gran manera por la humedad.

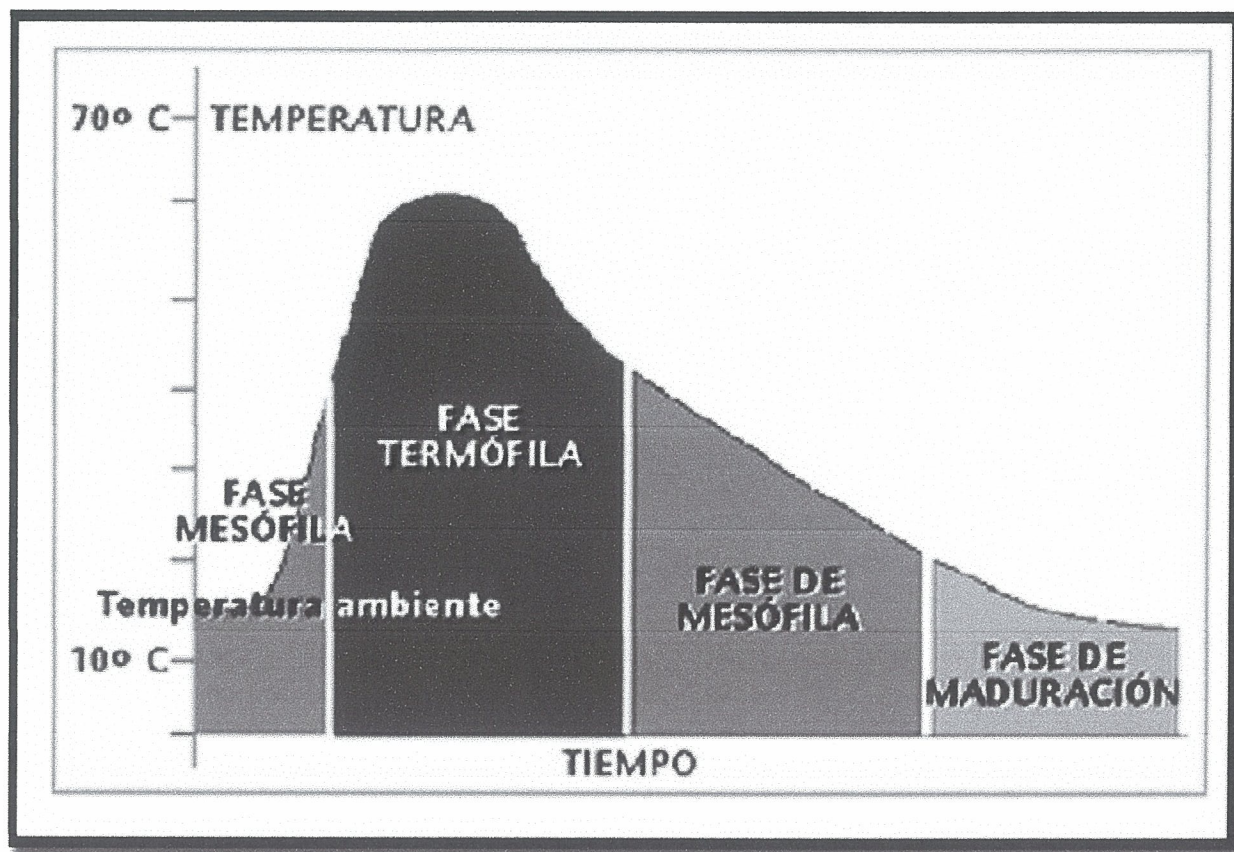
Para este aspecto hay que tener mucho cuidado con el porcentaje que se maneje, ya que se tiene que tener en cuenta que cada tipo de material orgánico posee cierto nivel de humedad que es intrínseco de su composición. El porcentaje de humedad del material se puede conseguir por medio de mediciones o tablas en los cuales se indica el nivel que se posee, al saber esto se puede considerar que el porcentaje óptimo de un biodigestor es del 40% al 60%. Lo que sucede fuera de este rango de humedad es que bajos porcentajes de humedad inhiben la actividad microbiana, contenidos muy altos generan condiciones anaeróbicas y como consecuencia una descomposición más lenta con el agregado de una generación de malos olores.

4. **Temperatura.** La temperatura que se genera en el biodigestor se debe a la actividad de degradación que generan los microorganismos. Esta degradación se da gracias a las condiciones que suministra el biodigestor, estas condiciones son vitales para el desarrollo de la población microbiana y su importancia radica en que la vida y desarrollo de un microorganismo es muy sensible a cualquier cambio ya sea en temperatura, humedad o fuente de alimento(C/N) para los microorganismos.

El alza en la temperatura es la clave para que el compostaje se realice en un tiempo menor y al ser el indicativo más importante de una degradación rápida y de calidad, hay que ponerle mucho cuidado a los niveles de humedad, nutrientes y de aireación para que el biodigestor mantenga las óptimas condiciones en todo el proceso de degradación. Con lo que respecta a la temperatura máxima deseada es de 70°C, ya que una gran cantidad de bacterias y microorganismos al pasar la barrera de los 65°C empiezan a morir, debido a que no están adaptadas a resistir altas temperaturas, siempre en el marco de referencia de lo sensible que es la vida de los microorganismos y bacterias.

Finalmente existe un momento en que la temperatura cae y no puede ser restablecida. Esto marca el final de la fase termófila, este final indica la maduración de la materia orgánica degradada. Biológicamente en esta última etapa, el material orgánico ya no tendrá más procesos de degradación y el material se estabiliza. La razón de la búsqueda de estabilidad, se debe a que la materia inestable se sigue descomponiendo, proceso que absorbe los nutrientes de la fuente más cercana que encuentre para seguir con su degradación.

Ilustración 4, Fases milbrobianas



Fuente: Aubert, 1998

5. Subsuelo. Este factor influye de manera significativa ya que si el biodigestor está colocado directamente sobre tierra fértil, los microorganismos que ya se encuentran en la naturaleza y son los encargados de la degradación de manera natural, pasarán al biodigestor, haciendo que la transferencia de nutrientes y organismos celulares aceleren el proceso de la degradación.

Al mismo tiempo éste tiene que ser tierra porosa, para que esto sirva de drenaje y si no se posee un espacio que cumpla con esto, es suficiente con un grado de pendiente para que el agua no se estanque en un lado y como consecuencia del estancamiento, un enfriamiento del biodigestor.

6. Condiciones climatológicas. No podemos olvidar que las condiciones climatológicas afectarán de una manera directa el desarrollo en la actividad del biodigestor, esto debido a que temperaturas muy bajas, no permitirán que el biodigestor aumente de temperatura con facilidad y el caso contrario, con temperaturas muy altas el biodigestor necesitara más agua para su humidificación

Para que esto suceda todos los factores que influyen en la degradación de la materia orgánica se tienen que monitorear, debido a que éstos son muy sensibles y la falta o exceso de uno puede tener causas negativas para la degradación. Debido a esto y a los factores antes presentados, podemos enfatizar en los factores que tienen más importancia en el desarrollo de la degradación, siendo estos: la relación Carbono/Nitrógeno, el aire y la humedad.

Se considera desecho cualquier cosa que sobre o sea resto inservible que queda de algo después de haberse usado, consumido o trabajado. Generalmente, cualquier tipo de desecho es considerado como material inservible sin valor alguno. Los desechos de jardinería, es todo lo que se considere resto inservible o basura proveniente de las actividades de jardinería. Por lo general, esto lo constituyen troncos, ramas, hojas (verdes y secas), grama, plantas en mal estado, etc. Los desechos de jardinería son residuos orgánicos, pues su origen es biológico, que alguna vez estuvo vivo o fue parte de un ser vivo. Actualmente no se cuenta con métodos estandarizados para el manejo de desechos de jardinería, por lo general, se colocan en lugares previstos para la recolección de desechos para ser trasladados a basureros, rellenos sanitarios, vertederos, y cualquier otro lugar donde se acumulen desechos en general.

A lo largo de este reporte, se hará referencia a los desechos de jardinería como la materia prima utilizada en el proceso de compostaje propuesto en este Megaproyecto. Cuando se mencione el término "materia prima" se hará estricta referencia al significado de desechos de jardinería generados por la UVG.

## D. Beneficios

La práctica del compost ofrece beneficios en los que se pueden mencionar:

1. **Económicos.** Este tipo de práctica puede generar desarrollo sostenible para personas con escasos recursos y que ignoran la rentabilidad que tiene este producto en la actualidad, estas personas tienen este recurso a la mano como cualquier persona ya que es un materia que se desperdicia y se encuentra en cualquier parte. Además no hay que olvidar el ahorro en abonos que se utilizan en los cultivos de cualquier país, sin mencionar que el abono sin ningún químico es más rentable y le da un valor agregado a los alimentos que utilizaron este tipo de abono.

El beneficio económico no solo es para personas que necesitan de este abono para sus cultivos, sino que también para la persona promedio ya que alrededor del 60% de la basura que se genera en una casa es material orgánico que se puede descomponer y al practicar este tipo de reciclaje se generaría un ahorro en la generación de abono para su propia casa.

2. **Ecológicos.** Éste es el principal beneficio que surge de esta práctica, ya que estamos ayudando a reducir la contaminación, mejoramos la calidad de la tierra, disminución de basura orgánico en los basureros, un reciclaje consciente, en fin es una práctica que sólo nos da beneficios y que tiene que ser enseñada a la población mundial para que ésta le ponga atención a este fenómeno que cada vez está teniendo más seguidores.

Beneficios específicos a la tierra:

- Aumenta la capacidad del suelo para conservar el agua.
- Hace más fácil el manejo del suelo para el trabajo.

- Aporta organismos capaces de transformar los materiales insolubles del suelo en alimento para las plantas.
- Incrementa la aireación del suelo, acrecentando su porosidad.
- Baja la erosión causada por las fuertes lluvias y el viento.
- Mejora la fijación del Nitrógeno, permitiendo el desarrollo de pequeños organismos que ayudan a la formación y fijación de éste.

Ilustración 5, Compost comercial



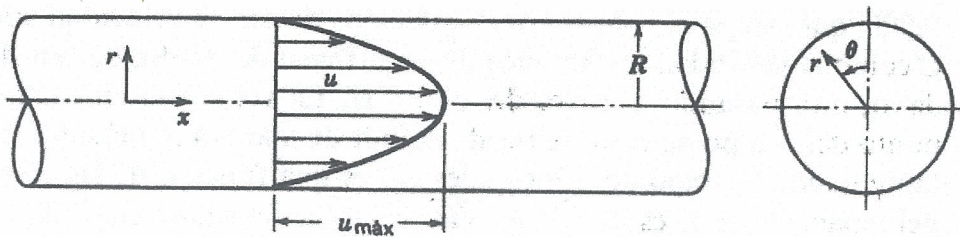
Fuente: Elaboración propia.

## E. Flujo en conductos

En la vida cotidiana, es muy común que desde los hogares hasta en las industrias se utilicen tuberías para transportar distintos tipos de fluidos, tanto líquidos como gaseosos. El objetivo principal de un conducto o tubería es el

transporte de un fluido, sin embargo existen muchas aplicaciones como los sistemas de ventilación y calefacción, que utilizan el flujo en tuberías para la circulación de fluidos y el transporte de energía. También se emplean éstas para el control de maquinaria.

Ilustración 6, Flujo en una sección de tubería

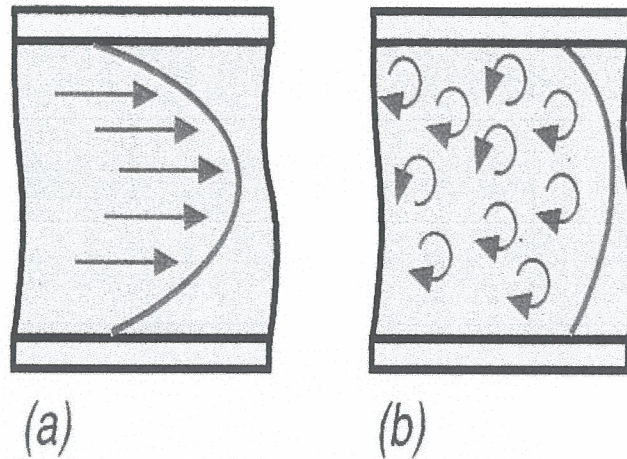


Fuente: Crowe, Elger, Roberson, 2007

Los flujos en tuberías se clasifican en dos grupos: laminar y turbulento. El flujo que se analizó y con el que se trabajó en este proyecto se considera turbulento. Existen ciertos criterios para determinar si un flujo es laminar o turbulento, lo cual se logra explorando las características del mismo. Osborne Reynolds fue la primera persona en dar a conocer los parámetros básicos de un flujo turbulento. El parámetro del número de Reynolds. Un parámetro que se considera para estimar la etapa de transición de un flujo laminar.

Entre mayor sea el número de Reynolds, el flujo tendrá una turbulencia mayor por lo que únicamente es posible alcanzar flujos laminares con número de Reynolds cercanos al 2000 bajo condiciones controladas cuidadosamente, ya que la más ligera perturbación puede causar turbulencia con facilidad. En ingeniería, los sistemas de bombeo y las tuberías están sujetos a algún tipo de vibración, lo cual causa que la gran mayoría de flujos se consideren turbulentos con números de Reynolds superiores a los 3000. Entre 2000 y 3000, los flujos se consideran inestables y pueden cambiar de laminar a turbulento con frecuencia.

Ilustración 7, Flujo laminar y flujo turbulento



Fuente: Román 2010

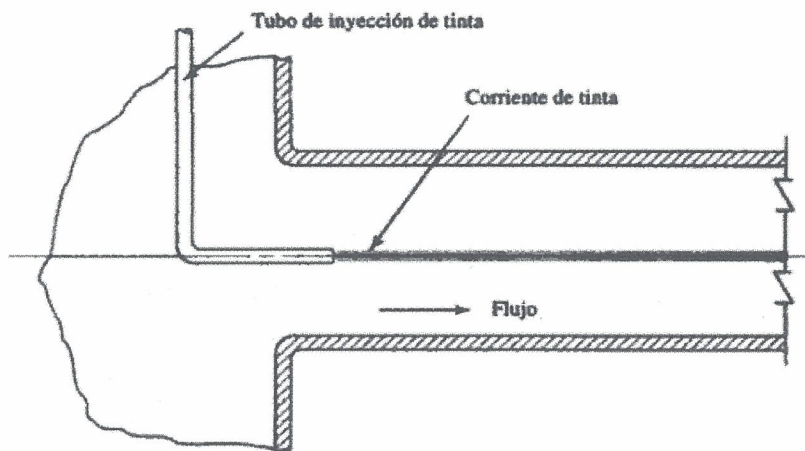
## F. Turbulencia y su influencia en el flujo en tuberías

El simple hecho que con un número de Reynolds mayor a 3000 nos da un flujo turbulento se muestra como una descripción poco influyente para aquellos que buscan una definición más completa de lo que es un flujo turbulento.

Cuando se analiza un fluido en una corriente, es importante determinar las características del mismo. En algunas ocasiones, los fluidos cuentan con un flujo uniforme y regular. Un ejemplo de esto lo podemos ver cuando se abre algún tipo de llave que deja salir agua de una tubería (un grifo) y el agua sale lenta y controladamente de una manera estable. Este tipo de flujo se conoce como laminar, sin embargo si se aumenta la cantidad de flujo y por ende la velocidad, el flujo pierde su estabilidad y se vuelve irregular. A este tipo de flujo se le conoce como turbulento.

Una forma de visualizar un flujo laminar se muestra en la figura 5. En donde un fluido como el agua fluye a través de un vidrio transparente. Otro tipo de fluido con alguna tonalidad para visualizarlo es inyectado para que fluya en línea recta y no se mezcle con el volumen del fluido inicial. Este fluido de color fluye de una forma estable, siempre y cuando el fluido transparente se mantenga en un estado laminar.

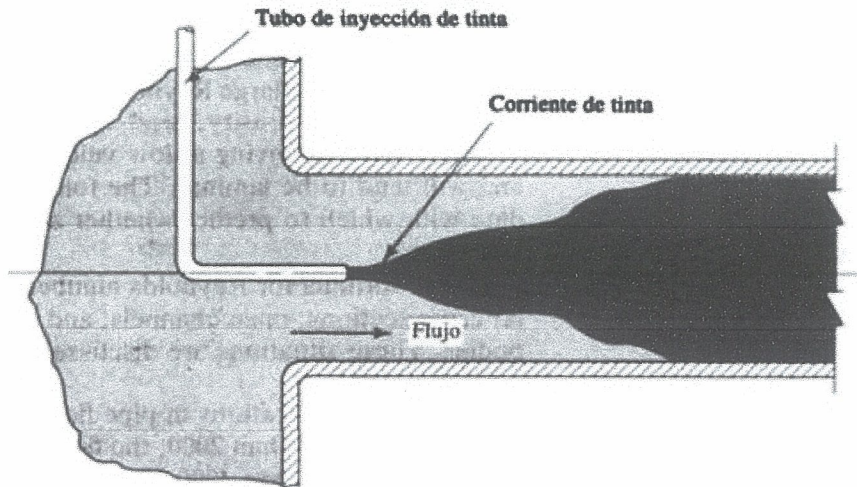
Ilustración 8, Corriente de tinta en el flujo laminar



Fuente: Potter, Wiggert, 1998

En contraste con un flujo laminar, el turbulento fluye en total inestabilidad y se mezcla con cualquier fluido que encuentre a su paso. Si se introdujera algún flujo de color en una corriente turbulenta de un flujo transparente, inmediatamente se mezclaría con el flujo principal del sistema. (Ilustración 4)

Ilustración 9, Corriente de tinta que se mezcla en un flujo turbulento



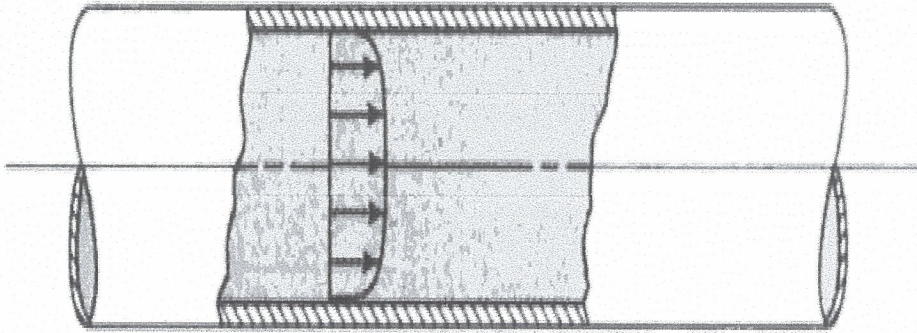
Fuente: Potter, Wiggert, 1998

Es importante en aplicaciones de ingeniería en donde se requiera la mezcla de dos fluidos, la formación de un flujo turbulento. Esto contribuye no solo a las mezclas de fluidos, sino también a la aceleración de reacciones químicas, como también la transferencia de calor ya sea hacia un fluido o fuera de éste.

Para determinar si un flujo es laminar o turbulento, debe realizarse un análisis simple, el cual involucra cuatro variables: la densidad del fluido, la viscosidad del fluido, el diámetro del conducto  $D$ , y la velocidad promedio del flujo  $v$ . Estos parámetros nos sirven para sacar el número adimensional de Reynolds  $NR$ .

$$NR = \frac{\rho D v}{\mu}$$

Ilustración 10, Perfil de velocidad para flujo turbulento en conductos



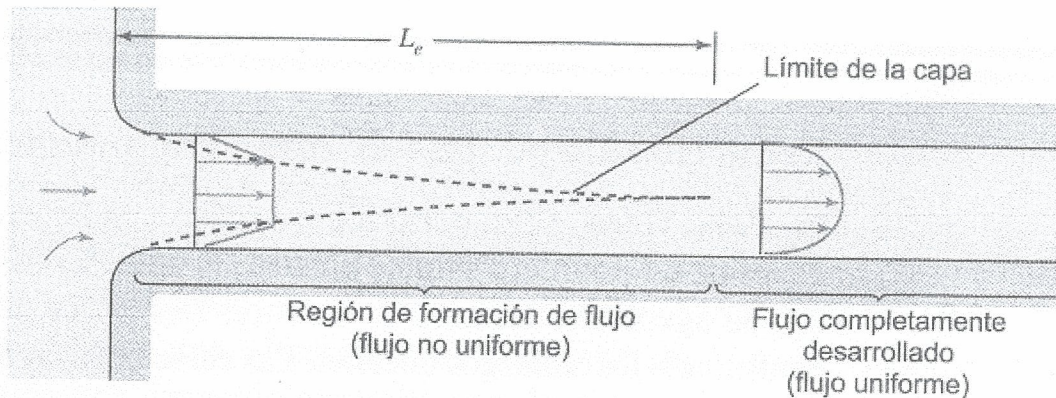
Fuente: Potter, Wiggert, 1998

## G. Flujo en entradas de tuberías y pérdidas por conexiones

En los sistemas de tuberías existen entradas, salidas, codos y muchos tipos de accesorios que generan pérdidas adicionales a las que se tienen para flujos uniformes. Cuando se agrega un accesorio a una sección de tubería, se da una separación de flujo en este punto el cual resulta en turbulencia adicional que genera estas pérdidas de carga adicionales.

1. Flujo en entrada de una tubería. Flujo en entrada de una tubería. Para una entrada a una tubería, se recomienda que sean redondeadas. Con esto se logra que la capa límite se forme desde la entrada y se extiende hasta el centro de la tubería.

Ilustración 11, Características de un flujo a la entrada de un tubo



Fuente: Crowe, Elger, Roberson 2007

Después del punto central, el flujo se considera uniforme. La longitud  $L_e$  de la región de desarrollo a la entrada es alrededor de  $0.05DRe$  para flujo laminar, contrario a esto para flujo turbulento se define como  $50D$ .

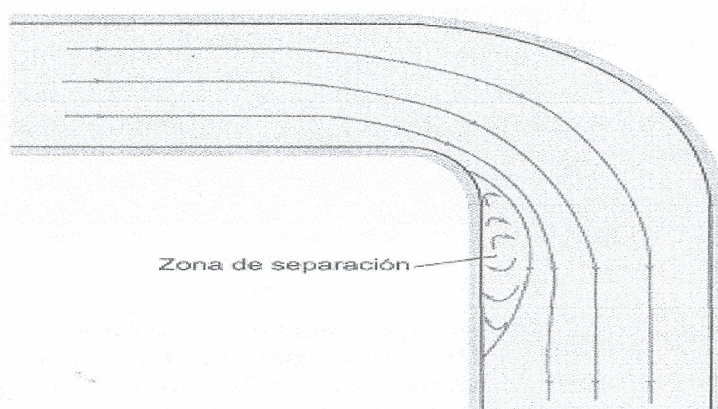
La ecuación que expresa la pérdida de carga en entradas, salidas a conexiones es:

$$hL = K \frac{V^2}{2g}$$

En la ecuación antes mencionada, la velocidad media de la tubería está expresada por la letra  $V$ .  $K$  es el coeficiente de pérdidas para la conexión que se utilice. Como ejemplo podemos ver que el valor  $K$  para una entrada redondeada con flujo a valores elevados de  $Re$  es alrededor de  $0.10$ , lo cual da como resultado una pérdida de carga pequeña en comparación a una entrada abrupta con un valor de  $K$  de  $1$ .

2. Flujo a través de un codo. El área de sección de un codo puede no cambiar de una sección a otra, sin embargo se produce una pérdida de carga considerable debido a la separación que se presenta cerca del interior de la vuelta y corriente debajo de la sección media. Los remolinos que se producen cuando el flujo sale del codo, crean una pérdida de carga considerable.

Ilustración 12, Patrón de flujo en un codo



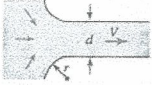
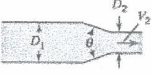
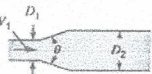
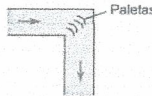
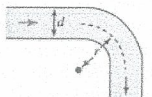
Fuente: Crowe, Elger, Roberson 2007

El coeficiente de pérdida de un codo depende en su mayoría de su forma a elevados números de Reynolds. Si el codo es demasiado corto, su coeficiente de pérdida será elevado. Conforme se asciende en radio a codos mayores, el coeficiente va decreciendo gradualmente hasta llegar a un valor mínimo  $\frac{r}{d}$  de aproximadamente 4.

Por el contrario si los valores de  $\frac{r}{d}$  son bastante elevados, el coeficiente de pérdida presenta un aumento ya que el codo aumenta su longitud considerablemente en comparación a los codos con valores pequeños de  $\frac{r}{d}$ . En

la Tabla 1 se proporcionan coeficientes de carga para distintos tipos de codos, así como también para varios tipos de conexiones y transiciones de flujo.

Tabla 1, Coeficientes de pérdida para varias conexiones y transiciones

Descripción	Dibujo	Datos adicionales	K	Fuente
Entrada de tubo $h_L = K_e V^2 / 2g$		$r/d$ 0.0 0.1 >0.2	$K_e$ 0.50 0.12 0.03	(2)*
Contracción $h_L = K_C V_2^2 / 2g$		$D_2/D_1$ 0.0 0.20 0.40 0.60 0.80 0.90	$K_C$ $\theta = 60^\circ$ 0.08 0.08 0.07 0.06 0.06 0.06 $\theta = 180^\circ$ 0.50 0.49 0.42 0.27 0.20 0.10	(2)
Expansión $h_L = K_E V_1^2 / 2g$		$D_1/D_2$ 0.0 0.20 0.40 0.60 0.80	$K_E$ $\theta = 20^\circ$ 0.30 0.25 0.15 0.10 $\theta = 180^\circ$ 1.00 0.87 0.70 0.41 0.15	(2)
Vuelta en codo 90°		Sin paletas	$K_b = 1.1$	(39)
		Con paletas	$K_b = 0.2$	(39)
Vuelta suave 90°		$r/d$		(5)
		1	$K_b = 0.35$	y
		2	0.19	(15)
		4	0.16	
		6	0.21	
Conexiones roscadas para tubo		Válvula de globo; abierta por completo	$K_v = 10.0$	(39)
		Válvula de ángulo; abierta por completo	$K_v = 5.0$	
		Válvula de compuerta; abierta por completo	$K_v = 0.2$	
		Válvula de compuerta; abierta a la mitad	$K_v = 5.6$	
		Vuelta de retorno	$K_b = 2.2$	
		Tee		
		Con flujo recto	$K_t = 0.4$	
Con salida de flujo lateral	$K_t = 1.8$			
Codo de 90°	$K_b = 0.9$			
Codo de 45°	$K_b = 0.4$			

Fuente: Crowe, Elger, Roberson, 2007

Generalmente se utilizan en la industria conexiones que no contienen bordes agudos o curvas muy cerradas ya que su coeficiente de pérdida de carga tiende a ser más elevado que el de codos con vueltas suaves.

## H. Impacto ambiental

1. **Desechos sólidos orgánicos.** (Colaboración por Mariandrè Massanet). Los desechos orgánicos pueden ser restos de grama cortada, restos de poda de árboles, arbustos, ramas, plantas, hojas secas, restos de fruta y verdura, incluyendo cáscaras (pero deben ser crudos), bolsitas de té, papel periódico, entre otros. Lo que no puede considerarse como desecho orgánico son los alimentos cocidos, carnes, lácteos, huesos, pañales, papel brillante, caucho, plásticos, etc.

La ventaja con los restos de alimentos es que tienden a degradarse rápidamente, haciendo el método del compostaje un proceso eficiente, fácil y rápido. Esto se debe a que las condiciones ambientales y el oxígeno son suficientes para degradar el material.

El gran volumen de residuos y desechos de origen vegetal, de alimentos, desechos verdes, papel, cartón, madera, etc., son causantes de un importante nivel de contaminación cuando se depositan en vertederos y no se les da ningún tipo de tratamiento. Algunas formas de desechos orgánicos pueden causar problemas de salud pública, tales como enfermedades, malos olores y las plagas.

2. **Desechos orgánicos en vertederos.** (Colaboración por Mariandrè Massanet)). Algunos desechos orgánicos como los lodos y desechos sólidos pueden contaminar los nutrientes de los alrededores. Peor aún la expansión de estos, ya que la eliminación incontrolada de los desechos puede dar lugar a la contaminación del agua. Esto es lo que sucede actualmente en muchos países, ya que los desechos son dirigidos a los vertederos abiertos ubicados en las ciudades. Lo que provoca una acumulación de desechos y contaminación en los alrededores.

La exposición a estos desechos puede ocurrir cerca del lugar de origen de la producción del desecho, o en el camino de transporte de los mismos, y cerca de los alrededores del lugar de depósito final. Por consiguiente los desechos perjudican a trabajadores que se encuentran cerca de los lugares afectados por la exposición de los desechos cercanos al lugar de trabajo, los hogares, comunidades y medio ambiente.

Otra actividad que hacen las municipalidades para reducir la cantidad de desechos, es la quema de desechos, lo cual contamina el aire y contribuyen a la producción del smog.

La mejor solución para el problema de la acumulación de desechos que contribuye a la contaminación, es el reciclaje, para que exista una reducción y reutilización de materiales. El éxito del reciclaje de los desechos orgánicos depende de la adecuada separación desde su origen.

3. Desechos a nivel mundial. (Colaboración por Mariandrè Massanet). El desarrollo industrial ha incrementado en todo el mundo, por consiguiente ha generado un gran aumento en los desechos. El aumento de desechos ha ocasionado varios problemas ya que las personas se ven expuestas a ellos. Todavía no existe un plan desarrollado de reciclaje a nivel nacional que ayude a disminuir el volumen de desechos depositados en vertederos, para minimizar la contaminación ambiental que los desechos sin tratamiento producen.

Los desechos peligrosos pueden ser clasificados como: sustancias radiactivas, desechos inflamables, desechos biológicos y productos químicos. Durante varios años se ha investigado sobre el tratamiento de este tipo de desechos y en muchos países se ha logrado almacenarlos lejos de la población para que evite daños.

En otros países donde tienen establecido un buen método de reciclaje para los desechos, se creó la disposición de lugares destinados para eliminación y tratamiento de los mismos. La instalación para cada tipo de desecho dependerá de varios factores climatológicos, ambientales, entre otros. Pero todo esto tiene un costo y por eso no es accesible para muchos países.

El proceso de reciclaje es desarrollado para reutilizar los materiales. El material orgánico puede ser reciclado mediante el compostaje, así como se hizo en este proyecto. Pero también existen otros métodos de descomposición de desechos y de reciclaje, así como una gran variedad de tecnologías a nivel industrial. Pero para fines de este trabajo se hablará únicamente del método de compostaje.

4. **Contaminación y reducción de desechos.** (Colaboración por Mariandrè Massanet). Uno de los métodos más accesibles es la reducción de desechos, para la prevención de la contaminación que provoca la acumulación de estos. El método consta en tratar de reducir desechos a partir del reciclaje de los mismos, para que se reutilicen los productos orgánicos, para que se usen los productos de segunda mano, como artículos reparados. Pero este método tiene la desventaja de depender de las personas, por lo tanto hay que motivar a los consumidores a separar los desechos para que se puedan reciclar en su mayoría y contribuir a la clasificación de los mismos. Es aquí donde este método tiene la desventaja, por que se necesita de planificación para lograr con éxito la actividad. Se necesita también de educación y crear la sensibilización en el contexto de desechos sólidos, lo que le da cada vez más importancia a la gestión de desechos y manejo de recursos.

La acumulación de desechos, en especial cuando no están clasificados, perjudica el ambiente ya que contamina el aire, suelo y agua. A su vez perjudica a la capa de ozono; todo esto debido a los gases que produce la acumulación de desechos no tratados.

Hasta el momento se han generado varios programas de educación para el manejo de desechos, así como la estimulación del reciclaje de los mismos. Estos programas se han desarrollado mejor en circuitos cerrados, como lo son los colegios, las universidades, algunos condominios e instituciones privadas, que en definitiva están inculcando a las nuevas generaciones que actúen con conciencia ecológica y den un buen ejemplo a la sociedad, para que las buenas prácticas ayuden a mejorar la situación actual de los desechos.

El principal objetivo de generar un medio ambiente más sostenible, es el logro del reciclaje eficaz de los desechos, el desarrollo de los métodos que garantizan seguridad en el tratamiento de desechos y el logro que la sociedad esté involucrada e interesada en disminuir la cantidad de desechos de los vertederos.

5. Contaminación ambiental. Colaboración por Mariandrè Massanet. Los principales contaminantes del aire, producidos por la combustión o por las actividades industriales de las personas, son una de las principales causas de preocupación del impacto ambiental. Los óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, metano, hidrocarburos, metales tóxicos, amoníaco, entre otros, son varios de los causantes de las mencionadas anteriormente son debido a combustión a altas temperaturas, compuestos químicos, gases emitidos en la descomposición de los desechos y otros compuestos cancerígenos.

Otra causa muy importante es la utilización de combustibles como fuente de energía, ya que un aumento de las partículas en el aire, suelo y agua puede ocasionar serias enfermedades a la salud, como alteraciones del corazón, pulmones o cáncer.

La principal causa de la contaminación que producen los desechos son los olores de la basura acumulada, gases que producen los mismos, aguas

residuales y procesos industriales. Las quemas de la agricultura aunque sean controladas, provocan residuos en partículas que se quedan en el aire, las cuales en exceso o al combinarse con ciertos gases pueden resultar explosivas. Adicionalmente el humo y monóxido de carbono también contaminan el aire, lo que perjudica a los seres vivos.

Como se mencionó anteriormente los desechos pueden descomponerse por medio del compostaje, este puede ser por medio aerobio o anaerobio. El método anaerobio produce metano, que no es tóxico, pero si es altamente inflamable y puede resultar explosivo con el aire. Además el metano en exceso es un gas asfixiante, es por eso que la recomendación para el compostaje por medio aerobio, es de manera controlada, para evitar gases.

La contaminación ambiental del aire puede ocasionar problemas de salud, así como enfermedades respiratorias. La acumulación de desechos sólidos en vertederos municipales puede ser dañino, al permanecer por gran cantidad de tiempo. Sobre todo en países donde mantienen un aislamiento perpetuo de contaminantes en el interior de las ciudades, porque como se mencionaba anteriormente la acumulación de desechos despiden dióxido de carbono, gases, hasta provoca la reproducción de muchas bacterias, y otros daños que resultan de la generación de la acumulación de desechos.

Si se considera únicamente el dióxido de carbono y los gases, se puede decir que es suficiente daño el que provoca en las personas. Unos de los daños es que se ve afectada la conducción de oxígeno de la sangre, también es causante de apatía, fatiga, dolor de cabeza, desorientación, también afecta la coordinación muscular y la vista.

La contaminación del aire afecta al medio ambiente y provoca daños que pueden ser graves en los seres vivos. Es por eso que es tan importante mencionar las consecuencias que estimula la acumulación de desechos. Pero

más importante aún, incentivar el tratamiento de los desechos sólidos para disminuir en la mayor brevedad posible la cantidad de los mismos y reducir la contaminación ambiental.

El impacto ambiental que causa la contaminación del aire, provoca daños en los países de manera lenta, lo que hace que se estudien más los efectos a largo plazo para determinar cómo afectan los contaminantes al ambiente y a las personas. Pero el daño que provoca no es única y directamente causado a las personas, también existe la contaminación en la capa de ozono, que se ve reflejada por los hoyos que han incrementado. Lo que afecta de manera indirecta a las personas porque incrementa la radiación ultravioleta, causando daños en la piel, y daños en cultivos.

6. Intervención de países para la contaminación del medio ambiente. Colaboración por Mariandrè Massanet. La lucha contra la contaminación ambiental ha sido desarrollada a través de los años, con propuestas que han ido evolucionando. En Estados Unidos, la Ley de Aire Limpio tiene como norma la construcción de fábricas para reducir los contaminantes industriales peligrosos. La Agencia de Protección Ambiental (EPA) establece y hace cumplir las normas de contaminantes atmosféricas.

Esta misma ley de Aire Limpio autorizó que la EPA imponga sanciones por el incumplimiento de las normas de calidad de aire establecidas. Estas leyes han disminuido las cantidades de dióxido de azufre, dióxido de carbono, ozono, partículas contaminantes en el aire, y muchas otras sustancias.

La Administración Estatal de Protección Ambiental en China considera una amenaza para el medio ambiente, para la industria alimentaria y para la agricultura, la contaminación del suelo. Ya que estudios desarrollados en China

indican que 1,300 km<sup>2</sup> han sido destruidos por los desechos sólidos acumulados.

7. Problema común de acumulación de desechos en Guatemala. Colaboración por Mariandrè Massanet. El centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales ha desarrollado estudios de impacto ambiental. Donde especifica que Guatemala en el 2002 producía 81, 203,153 kg de desechos anuales. Lo que contribuye a una problemática de contaminación de desechos, ya que el 44% de los desechos se arrojan en los vertederos del Trébol y de AMSA, el 36% es quemado y el 18% lo entierran. Esto da un margen del 2% de basura no recolectada, lo que presenta un mayor impacto en la contaminación ambiental porque se acumula dentro del área urbana, ríos, calles, etc. Lo que produce mal olor, enfermedades, contaminación del aire y del agua.

La forma de manejar los desechos con malas prácticas de recolección, clasificación y sin normas de sanidad, provoca un aumento en la contaminación ambiental.

De acuerdo a los análisis realizados en Guatemala, el Análisis sectorial de residuos sólidos de la OPS/OMS en 1996, establece que los problemas de desechos sólidos no se han trabajado con la importancia que requieren, lo que provoca problemas ambientales y de salud, ya que la municipalidad menciona que es un impedimento la falta de recursos financieros y los ciudadanos no tienen el hábito de reciclar. El manejo inadecuado de los desechos provoca a nivel ambiental contaminación de gases cuando se arroja a los vertederos, contaminación por humo cuando se queman y malos olores; a nivel de salud puede ocasionar enfermedades respiratorias, de la piel, parásitos, entre otros.

Para lograr un desarrollo sostenible, mejor manejo de desechos e impacto ambiental, se necesita aumentar el método de recolección de desechos y reciclaje, sobre todo el destino final de éstos.

El manejo inadecuado de los desechos sólidos municipales, afectan a la calidad de vida, por eso genera un ambiente deteriorado con malos olores. Los impactos en el medio ambiente se pueden extender a la población en general a través de la contaminación del agua, o por consumo de animales que a su vez se alimentan de desperdicios tóxicos, por lo que se vuelve una cadena. Lo peor de todo es que las personas que se encuentran más expuestas a estos vertederos o a los ríos muy contaminados, son las más afectadas, ya que tienen índices más altos de infecciones respiratorias y gastrointestinales.

Otros factores que se consideran de importancia en el impacto ambiental y para el entorno de las personas a causa de la acumulación de desechos, además del olor, polvo y gases, son las enfermedades relacionadas por transmisiones de animales. Algunos de estos: las ratas, moscas, cucarachas, mosquitos, etc., que a través de mordisco, picazón, orina y heces pueden causar fiebre tifoidea, cólera, dengue, leptospirosis, entre muchas otras más.

Cuando los desechos se mezclan con residuos peligrosos industriales, como residuos tóxicos o componentes químicos, trae como consecuencia la contaminación atmosférica.

La falta de separación de desechos provoca que cuando éstos son quemados tengan un mayor impacto en la contaminación atmosférica por la presencia de plásticos, productos químicos, etc. Ya que al ser quemados genera malos olores, humos, gases y partículas en suspensión; lo que empeora las condiciones ambientales, agravando la salud de las personas. Así mismo afecta al suelo, ya que la recuperación toma tiempo y debido a que se encuentra con una capa de materia muerta, no funciona de manera productiva.

8. Legislación y normativas. Colaboración por Mariandrè Massanet. En el año 2004, se crea la Comisión Nacional para el Manejo de Desechos Sólidos (CONADES), la cual se encarga del manejo adecuado y legal de los desechos del país.

El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales busca el aprovechamiento de los recursos, creando así el decreto 68-86, donde establece en el artículo 8 que: "Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características puede producir deterioro a los bienes y servicios ambientales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional". Además de esto es necesario un estudio de evaluación de impacto ambiental que también es una norma en el Acuerdo Gubernativo, el cual establece el procedimiento indicado para la evaluación de proyectos.

A pesar de que el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales establece iniciativa en cuanto al aspecto ambiental, sigue careciendo de funciones y roles institucional. Esto refleja la falta de sanciones administrativas y la falta de asesoría para las instituciones que no colaboran con la clasificación de desechos. A pesar de que la municipalidad es la encargada del servicio de recolección, transporte y disposición final, la industria y la comunidad también debe ayudar, para que sea un proceso más rápido, eficiente y de buen control.

La producción de compost y su aplicación cuenta con ventajas económicas y ambientales por las cuales se recomienda extender su aplicación en la agricultura, la conservación de áreas verdes y la conservación de suelos. Por eso es necesario incentivar a las personas a contribuir con la separación de desechos, reciclaje y ayudar a que tengan más conocimiento sobre el compostaje.

## V. ANTECEDENTES

### A. Tendencias de los abonos orgánicos. Colaboración por Mariandrè Massanet.

En los años setenta es cuando el compostaje empieza a desarrollarse y a tomar auge. Gracias a un proyecto de "Clean Water Act" en Estados Unidos fue necesario construir plantas de tratamiento de agua residuales. Con estas construcciones se tuvo como consecuencia una gran cantidad de sólidos que se extraían de los procesos. Por lo que se vieron obligados a investigar el análisis de compostaje, y es cuando ponen en marcha el proyecto de Beltsville. El proyecto tenía como objetivo el estudio del compostaje y los lodos provenientes de las aguas residuales, por esto surge el método de las pilas estáticas aireadas. El procedimiento desde entonces es el método de Beltsville y consiste en airear constantemente el material de la pila para estimular el proceso de compostaje.

En los años setenta Europa también comienza las investigaciones para la tecnología adecuada del tratamiento de desechos sólidos, pero no fue tan exitoso desde el principio porque carecían de espacio para acumular los desechos.

En los últimos años Andalucía ha desarrollado el Plan Director Territorial de Gestión de Residuos Urbanos. Se han realizado inversiones para las infraestructuras de tratamiento de residuos urbanos, gracias a estudios que han probado una reducción en los residuos a través de las plantas de compostaje y reciclaje. Debido a estos avances y aprobaciones de las plantas, han cerrado varios vertederos incontrolados, lo que ha ayudado a la comunidad de Andalucía a disminuir el nivel de contaminación.

Estas nuevas plantas han contribuido a que los desechos sólidos se destinen al compostaje. Casi el 70% de los residuos urbanos que se generan en Andalucía tienen como destino dichas plantas de compostaje; y otro porcentaje más bajo se

se envía a la eliminación directa de los residuos a través de vertederos controlados. Actualmente, Andalucía cuenta con 20 plantas de compostaje y sigue en expansión.

En Andalucía existen siete empresas que se dedican a la elaboración de compost agroindustrial, usando como material casi todos los desechos orgánicos tanto forestales como de hortofrutícolas, industriales y agropecuarios.

La producción total de compost es aproximadamente 184,000,000 kg/año en Andalucía. Cada planta maneja la producción de compost de manera diferente, unas de ellas producen más de lo que venden y por consiguiente siempre tienen compost almacenado, tal es el caso de PRC de Jaén y la de Alcalá de Guadaíra, Sevilla. Otras plantas como Málaga y Mijas, Estepa y Alcalá del Río, se encuentran sin producto almacenado ya que la rotación de inventario es mucho más eficiente.

Varios lugares de Europa están especializados en la producción de compost, ya que determinan el desarrollo del método para un objetivo específico dependiendo de la demanda. Esto quiere decir que dependiendo del tipo de cultivo al que se destina el compost, varía su método de producción. Ejemplos de demanda de producto final son las plantaciones para cultivos de hortalizas, industriales, cereales, entre otros.

Uno de los acontecimientos más importante ha sido el desarrollo del proyecto LIFE Medio Ambiente co-compostaje, donde ha jugado un papel esencial la Consejería de Medio Ambiente y la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía. Así también otras instituciones que apoyaron el proyecto han sido: EMASESA, ENCE, Universidad de Almería, Universidad del Algarve, UPA, Unión de Pequeños Agricultores y Ganaderos, Terra Vida, entre otros.

Según el International Trade Center, en Europa en el año 2001 se reportaron negocios alrededor de los 10,000 millones de Euros, de productos ecológicos certificados.

## B. Situación actual de los abonos orgánicos

1. Situación Internacional. Colaboración Mariandrè Massanet. Actualmente países en Europa, Asia, América ejercen la actividad del compostaje municipal. No todos los países lo desarrollan de igual manera, ya que existen varias técnicas para la producción de compost, aunque la meta es la misma. Esta meta es la de reducir la cantidad de desechos orgánicos, para aprovecharlos, reutilizarlos, cuidar al medio ambiente y generar otra actividad económica. Al mismo tiempo competir con los abonos en el mercado y ofrecer mejores precios para los abonos orgánicos.

Muchos países contribuyen con la producción de compost para mejorar el medio ambiente y buscan soluciones accesibles para la reducción de los desechos en vertederos o lugares públicos. Varios de estos países son: Alemania, Argentina, Austria, Canadá, Chile, Cuba, España, Estados Unidos, Francia, India, México, Perú, y otros más.

Una de las últimas innovaciones de Nueva York es la actividad donde las personas van al mercado de verduras en el parque Fort Greene a contribuir con contenedores de plástico, cajas y costales llenos de vegetales, inclusive té usado, para que sirva de material para producir compost. Esta actividad logra recolectar más de 300 kg de sobras de alimento cada semana. A pesar de no tener ninguna recompensa monetaria, se tiene la cultura de reciclar y de ayudar al medio ambiente. Además tiene el beneficio de la conservación del área verde urbana y la reducción de los desechos sólidos en vertederos, lo cual contribuye con la reducción de contaminación y enfermedades respiratorias.

Otros grandes contribuyentes de la elaboración de compost ha sido el Departamento de Parques, que lo desarrolla a base de desechos verdes, como el prototipo de desechos verdes del presente proyecto. La USCC (U.S. Composting Council), fundada en 1190, también establece normas para la mejora de la calidad de compost, y los miembros que integran esta organización son, desde comercializadores y productores, personas que trabajan en empresas de consultoría y organismos públicos.

Otros países de Estados Unidos también apoyan el abono orgánico. La USAID aprobó la producción de 10 plantas de producción de compost en Colombia, con el objetivo de crear compost, para ayudar a la reducción de desechos sólidos, y emplear a personas que se encuentran sin trabajo. Estos beneficios ayudaran a 300 personas desempleadas, así como también al ambiente y por consiguiente a la sociedad.

Tanto en Portland como Indiana, San Francisco, Seattle, Chile y Peru, se tiene una producción de abono orgánico bastante alta, debido a que cada vez la demanda es mayor y más frecuente. El abono orgánico es más barato que los fertilizantes químicos, y debido a que encuentran los resultados esperados, se prefiere por a economía, el uso de compost. Gracias a este aumento se han podido establecer proyectos que ayudan al medio ambiente y al desempleo. Adicionalmente ha contribuido al desarrollo de programas como el: “Operativo Nacional de Ferias de Fertilizantes”, el cual contribuye con la capacitación de la producción de abono orgánico.

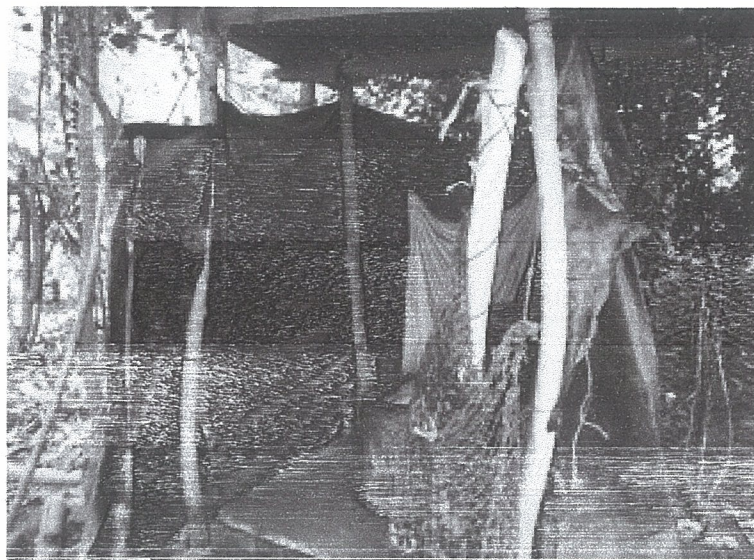
2. Situación de Guatemala. Colaboración por Mariandrè Massanet. En las aldeas de Guatemala las letrinas son bastante comunes. Los agujeros en el suelo son utilizados como baños, a estos pozos se les llama letrinas. Los agujeros son poco profundos y por lo tanto atraen más bacterias, lo que contamina más los alrededores. La falta de higiene provoca enfermedades, causando una propagación infecciosa grave, como los parásitos, cólera, fiebre tifoidea, etc.

Estudios indican que en el año 2004, la muerte de niños de 5 años de edad fue por diarrea, la cantidad de niños representa el 15.3% por esta causa

Ilustración 13, Baños actuales de la familia Maldonado



Ilustración 14, Baños actuales de la familia Aguilar



Ecodana es una de las instituciones que está colaborando con el desarrollo de los baños que prestan meas higiene y están en mejor condición.

Ecodana es una empresa sin fines de lucro social que admite soluciones ecológicas a los problemas de la pobreza en los países en desarrollo. Elige proyectos que ayudan a las organizaciones locales en los países en desarrollo y establecen soluciones ecológicas.

El proyecto de reciclaje que se está desarrollando en las aldeas, presenta la alternativa ecológica donde se reconstruyen los baños actuales por material usado. El diseño es simple y práctico para las condiciones socioeconómicas que presenta en las aldeas, sobre todo es importante la reutilización de recursos.

Además de la falta de higiene que provocan estas letrinas, se tienen también la problemática de las inundaciones por la región en que se encuentran. Por lo que el proyecto los beneficia muchísimo.

El proyecto se llama Compostaje-Seco, ya que a cambio de la reconstrucción de baños, la cantidad de desechos que se acumulen serán usados para la producción de compost. Por lo que lo pueden usar como abono orgánico.

Ilustración 15, Plataforma alta de baños para evitar las inundaciones

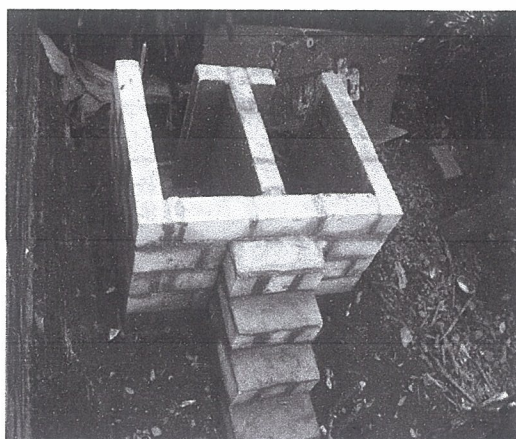
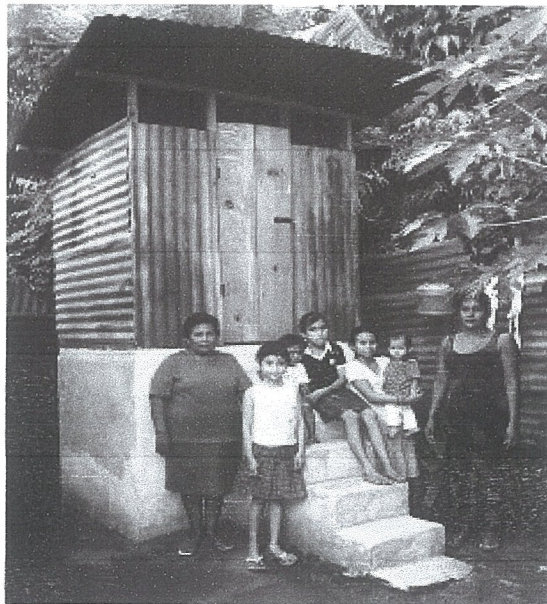


Ilustración 16, Baños reconstruidos con material reutilizable



Ilustración 17, Baños más altos para evitar las inundaciones



a. Otros proyectos de Compostaje. Colaboración por Mariandrè Massanet. Uno de los proyectos que se inició en el año 2009 fue el “Aprovechamiento de tallos de caña de azúcar recuperados en las carreteras para elaborar abono orgánico”. El proyecto toma lugar en el campo agrícola de UVG Campus Sur y Altiplano, donde la Secretaria Nacional de Ciencia y Tecnología apoya de manera financiera. Fundación del Azúcar (FUNDAZUCAR) ha contribuido con la materia prima, en este caso los tallos de azúcar.

Consiste en triturar los tallos de caña de azúcar recuperados en las carreteras y mezclarlos con cachaza para formar diferentes aplicaciones de compost. Se ha utilizado como fertilizante para la producción de tomates y pepino en invernaderos, y en el caso de campos abiertos para la coliflor.

Se está ejecutando en forma conjunta con el Laboratorio de Ingeniería Bioquímica de la Universidad del Valle de Guatemala, donde evalúan y llevan a cabo experimentos agrícolas para ver los resultados en las distintas plantaciones, como los mencionados anteriormente y otras más.

También se cuenta con el proyecto de la empresa de Byoearth para ayudar a las comunidades indígenas. Byoearth es una empresa con el proyecto “Abono Tu Futuro”, junto a Fundación Junkabal y Technoserve. Donde están trabajando para eliminar la pobreza extrema a través de la lombricultura, en el área del basurero de Ciudad de Guatemala. Parte de lo que ofrece este proyecto es la infraestructura, capacitación y formación humana para sacar adelante a la familia.

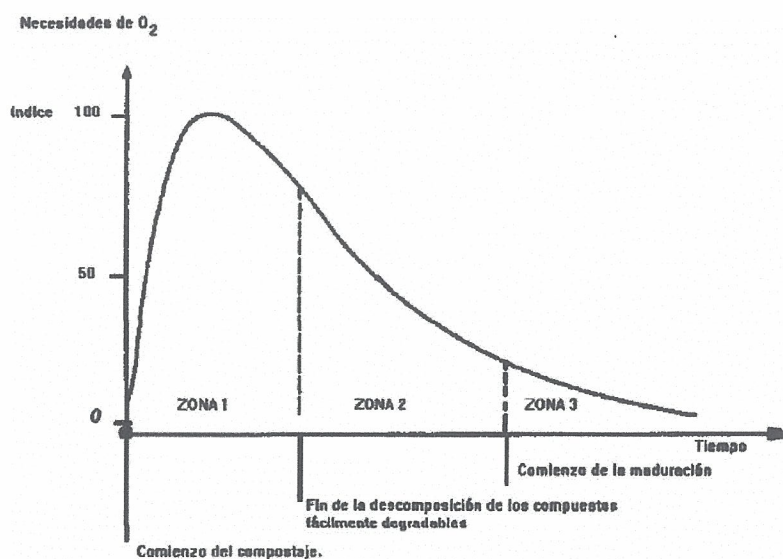
Actualmente, 60 mujeres participan en el proyecto "Abona Tu Futuro" y han demostrado ser las mejores lombricultoras de Guatemala. En el 2010, han diversificado la producción de abono, productos ecológicos como bolsas recicladas y muchas más iniciativas apoyadas por la Universidad del Istmo en Guatemala y la organización Technoserve.

## C. Aireación, uno de los parámetros principales en el proceso de compostaje

La aireación es uno de los factores más importantes en el proceso de compostaje, por ende debe ser controlado cuidadosamente. Los microorganismos necesitan de la presencia de oxígeno para poder desarrollarse. Sin embargo el objetivo de la aireación no se enfoca exclusivamente en el desarrollo de la actividad microbiana, sino también en la evacuación de CO<sub>2</sub> y la regulación de la temperatura. Otro factor importante radica en la cantidad de oxígeno necesario en las distintas fases de la degradación del compost, siendo esta elevada en la fase inicial del compostaje e ir disminuyendo conforme el proceso se acerca a su etapa final conocida como “maduración”.

La aireación no debe ser excesiva, ya que esto puede causar variaciones indeseables en la temperatura y en la humedad. Un exceso de ventilación podría incluso detener el proceso de degradación, dando la impresión de haber finalizado el proceso.

Ilustración 18, Curva teórica de las necesidades de oxígeno durante el compostaje, 1987



## D. Sistemas de compostaje en espacios abiertos

La finalidad de los sistemas de compostaje se basa en facilitar el control y la optimización del proceso de descomposición y sus parámetros, a fin de obtener un producto que cumpla con los requerimientos de calidad y con un valor fertilizante apropiado.

Los sistemas que se utilizan comúnmente en la industria se clasifican en dos tipos: abiertos y cerrados. Debido a que en este proyecto se utilizaron únicamente sistemas abiertos, basaremos nuestros antecedentes en los sistemas de esa clase. En los sistemas abiertos, la degradación de los desechos se realiza en pilas al aire libre o en contenedores que estén expuestos a la intemperie de igual manera. Los sistemas cerrados por el contrario, se realizan en reactores para lograr la degradación.

Tabla 2, Sistemas de compostaje, Composting of agricultural and other wastes, 1984

SISTEMAS ABIERTOS	
Apilamiento estático	-con aire por succión
	-con aire soplado en conjunción con control de temperatura
	-ventilación alternante (succión y soplado) y control de temperatura
Apilamiento con volteo	
Apilamiento con volteo y aireación forzada	
SISTEMAS CERRADOS	
Reactores verticales	-Continuos
	-Discontinuos
Reactores horizontales	-Estáticos
	-Con rotación

Como fue antes mencionado, los sistemas abiertos son lo más utilizados. La materia a descomponer se deposita en grandes pilas al aire libre o puede disponerse de ella en contenedores. La ventilación de la materia puede

realizarse ya sea por medio de volteo de las pilas o sistemas de ventilación forzada, permitiendo esta última el control de la oxigenación, así como también el de la humedad y temperatura.

La ventaja principal de la ventilación forzada es que representa necesidades menores de espacio. Los sistemas de compostaje comúnmente utilizados en la actualidad son:

1. **Compostaje en pilas estáticas con aireación natural.** Este sistema es el más antiguo, realizado en pilas largas de alturas relativamente pequeñas en las que la materia no se moviliza durante todo el proceso de compostaje. La ventilación se hace de manera natural por medio de pequeños canales en la materia. Las dimensiones de las pilas pueden depender de la cantidad de materia que se desee descomponer, sin embargo a través de la práctica se ha llegado a determinar que no deben sobrepasar 1.5m de altura y los 2.5-3m de ancho. En cuanto a la longitud, esta debe estar en función de la altura y no sobrepasar más del doble es ésta. Debido a la exposición a la intemperie, debe tomarse en cuenta que la pila cuente con una mayor pendiente en las épocas más lluviosas.

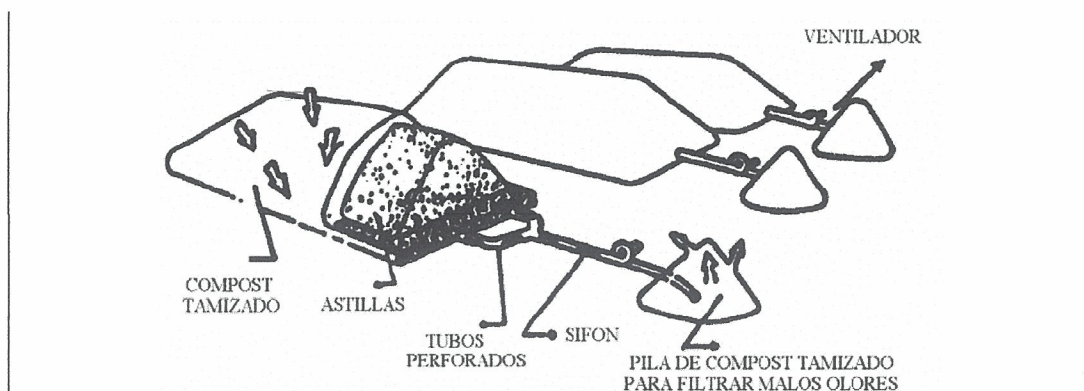
2. **Compostaje en pilas estáticas con ventilación forzada.** En las pilas de degradación estática se incorpora un sistema de tuberías perforadas, ya sea por tubos de diámetro grande para toda la pila o varios de diámetro reducido. Las tuberías se conectan con un ventilador que se encarga del ingreso del oxígeno y la evacuación del dióxido de carbono CO<sub>2</sub>. Este tipo de ventilación puede realizarse ya sea por el método de inyección o succión, siendo este último muy comúnmente utilizado. El método de ventilación de Beltsville (Ilustración 14) se utiliza para el compostaje de lodos de depuradora con astillas de madera, para el cual los requerimientos de aire son de alrededor de 0.2 m<sup>3</sup>/min/t para poder alcanzar una concentración de oxígeno del 15%. (En nuestro caso, se tomó como rango de aproximadamente 125-500m<sup>3</sup>/ día en base a la cantidad de aire total requerida para compostar una mezcla de barro y material celulósico.)

Un método que se basa en la succión en conjunto con el control de la temperatura, llamado método Rutgers. Este sistema produce una evaporación que da un producto final con una humedad baja. Esto garantiza una buena estabilidad al evitar periodos largos de temperaturas elevadas. Las temperaturas elevadas reducen la actividad microbiana, pero a su vez también los organismos patógenos, es por esto que en algunos casos se utiliza el método de succión para elevar la temperatura en la etapa inicial e invertir el flujo y controlar la temperatura según parámetros ideales para que el proceso de descomposición continúe.

3. Compostaje en pilas de volteo. Su simplicidad lo pone como unos sistemas comúnmente utilizados, cuenta con ciertas limitaciones. La oxigenación se torna más periódica ya que no es algo constante, aparte de que surge la necesidad de más espacio para realizar los volteos respectivos así como también un control higiénico más difícil. Las pilas de volteo suelen ser de mayor tamaño que aquellas con sistemas de ventilación forzada, contando algunas con hasta 2.5m de altura.

La frecuencia de volteo depende de la rapidez con la que se quiera obtener la descomposición de la materia. En la actualidad existen sistemas de volteo con control automático, facilitando en muchos casos la etapa de descomposición de las pilas para luego pasar a su etapa de maduración y culminar con el proceso de refinamiento para su comercialización.

Ilustración 19, Pilas de compost aireadas artificialmente a través de tuberías perforadas Costa *et al.*, 1991



## VI. METODOLOGÍA

### A. Entorno verde y ecológico UVG

La Universidad del Valle de Guatemala fue fundada en la Ciudad de Guatemala hace más de 40 años. A lo largo del tiempo se ha consolidado como una institución académica de gran prestigio y reconocido nivel académico no solo a nivel nacional sino también internacional. Cuenta con cuatro facultades educativas que ofrecen más de 25 carreras diferentes.

Actualmente, no se cuenta con literatura que aborde directamente el tema del entorno ecológico de la UVG. Sin embargo, para poder recopilar información, se recurrió a realizar entrevistas directas a catedráticos, personal administrativo y personas que participaron directamente en el momento que fue fundada la UVG. Este breve ensayo resume las opiniones más relevantes, y los puntos de vista de varias personalidades que con el paso de los años han tenido la oportunidad de tener un contacto directo con la evolución y con los proyectos realizados en la UVG en estos 40 años.

Durante todo este tiempo, la UVG ha sido reconocida y se ha consolidado como una de las universidades que cuenta con importantes proyectos y programas de alto impacto cuyo enfoque es eminentemente ecológico. Además, entre la variedad de especialidades de estudio que ofrece la UVG se encuentran distintas carreras relacionadas con las ciencias de la vida, actividades agrícolas, forestales y ambientales. Es por eso, que dentro de la sociedad se conoce a la UVG como la “Universidad Verde”.

Sin embargo, la visión que tenían los fundadores en 1966 no fue precisamente la idea de crear una universidad “verde”, ya que esta corriente ecológica y ambiental tomó auge varias décadas después. Lo que en realidad se buscaba era establecer una universidad que ofreciera un fuerte tronco de formación común y de alto nivel académico tanto en el área de Ciencias como en

Humanidades. Inicialmente, el objetivo era centrarse en disciplinas que en ese momento el resto de universidades no ofrecían o que no cubrieran de manera integrada con la base común de enseñanza. Tal es el caso de las carreras de Biología, Arqueología, Antropología, entre otras. Por otro lado, también se buscaba abarcar el mercado de los estudiantes interesados en integrarse a una carrera que fuera una ciencia pura, por ejemplo, Matemática, Física, Química, etc. (Fue hasta muchos años después que surgió la Facultad de Ingeniería)

La misión y el objetivo principal siempre fue graduar profesionales con desempeño independiente y no alineado con ninguna corriente social, política o religiosa. Además, se buscaba formar excelentes destrezas de pensamiento crítico y análisis que le permitieran al egresado desenvolverse dentro de la sociedad exitosamente.

Es evidente entonces, que el enfoque verde no figuraba, como tal, dentro de los objetivos de los fundadores. Sin embargo siempre fue un componente importante de las carreras de Biología y Agronomía el buen uso de los recursos naturales, la conservación de la naturaleza y el conocimiento de la biodiversidad. A finales de la década de los 80's, la UVG prestó mayor atención a la corriente social y económica de ese momento y se introdujo en todos los proyectos el término "sustentabilidad". Durante ese tiempo los proyectos se centraron no solo en la sustentabilidad ambiental sino también en el desarrollo de carreras con elementos económicos, científicos y sociales.

A lo largo de los años, la UVG desarrolló expertaje y una buena proyección de sus carreras, así como también se especializó en la investigación científica y tecnológica, y se hizo de la fama de ser una universidad no solo ecológicamente amigable, sino también se convirtió en una universidad con un enfoque científico.

Ciertamente, en los últimos 20 años ha habido un énfasis centrado en la sustentabilidad, lo cual se ve reflejado en la ejecución de exitosos proyectos tecnológicos, científicos y ambientales que han tenido impacto a nivel nacional e internacional.

La fama de ser una universidad “verde” emana como resultado de toda esta historia.

## B. Mercado interno de abono dentro de la UVG

Se denomina “abono” a cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del suelo y proporciona elementos nutricionales a las plantas. Es evidente, que el abono es utilizado en cualquier área verde que se desee mantener en óptimas condiciones y que el aspecto sea agradable.

La UVG utiliza abono para conservar las áreas verdes que rodean las instalaciones y para mejorar la calidad del suelo y permitir que la grama o cualquier planta que esté sembrada crezca de mejor y más saludable.

Según información del departamento de Mantenimiento de la UVG, Actualmente la Universidad cuenta con más de 2,500 m<sup>2</sup> de área verde distribuidos a lo largo de todo el campus.

A continuación se muestra el mapa que muestra las áreas verdes de la UVG.

Ilustración 20, Mapa de áreas verdes UVG, Departamento de Mantenimiento UVG



Como se puede observar, aproximadamente el 30% del área total de la Universidad, todavía se conserva como área verde.

Este 30%, el cual aparece marcado en color verde en la ilustración 1, representa mercado interno de oportunidad para utilizar el compost producido en este Megaproyecto. abono de la UVG. Ésta es el área que utiliza abono y el cual es nuestro segmento de oportunidad para utilizar el compost producido en este Megaproyecto

### C. Consumo interno de abono

Actualmente, es el Departamento de Mantenimiento el que está a cargo de la conservación y el cuidado de todas las áreas verdes de la UVG.

La demanda de abono para las áreas verdes de la Universidad, se detalla a continuación:

Tabla 3, Consumo de abono

Tipo de abono:	Tierra negra
Precio (camionada de 12m <sup>3</sup> ):	Q.1,920.00
Consumo de abono anual	36m <sup>3</sup>
Precio de m <sup>3</sup> de tierra negra:	Q160.00

La Universidad utiliza aproximadamente 18m<sup>3</sup> semestrales, esta demanda varia por temporadas y por año. Por ejemplo, durante el año 2011 se ha sembrado una gran cantidad de grama y se introdujo una planta llamada Quikiyú en la mayoría de las áreas verdes; esto ha llevado a que el consumo de tierra negra aumente a una cifra de 24m<sup>3</sup> por semestre. Por lo tanto, se puede decir que la demanda es variable y está sujeta a las condiciones climáticas que presente el año y a la cantidad de plantas que sean sembradas durante el año.

Sin embargo, para fines de este reporte se utilizará una cifra promedio 36m<sup>3</sup> anuales como se mencionó con anterioridad.

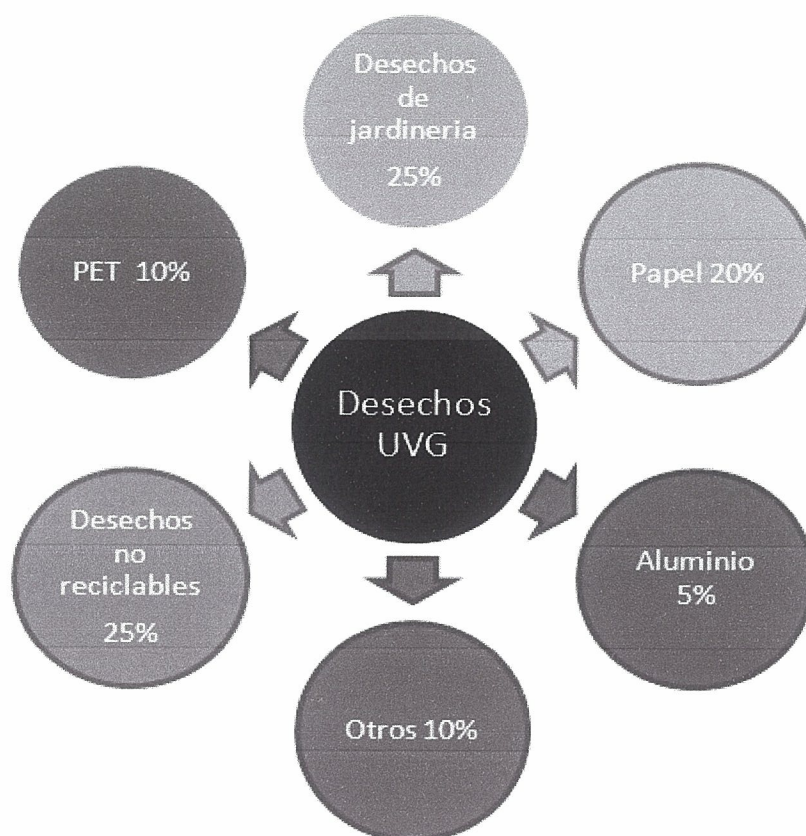
Es importante resaltar, que la aplicación del abono en las áreas verdes de la UVG no es uniforme, existen algunas áreas verdes que requieren de mayor cantidad de abono que otras, así como también la frecuencia de la aplicación depende del tipo de planta. Esto dificulta calcular el costo de m<sup>2</sup> en la universidad, pues existen áreas que nunca utilizan abono, por lo tanto los resultados estarían lejos de la realidad. Para fines de este reporte, utilizaremos la demanda de abono de la universidad en m<sup>3</sup>.

El empleo del abono es a través de aplicación directa y para eso el Departamento de Mantenimiento cuenta con cinco jardineros que tienen a su cargo sector de la Universidad determinado.

## D. Desechos UVG

Como cualquier institución educativa, los desechos generados por la UVG se pueden clasificar en varios grupos. Para este Megaproyecto se realizó un análisis de todos los desechos generados por la Universidad. A continuación se muestra un diagrama que resume esta información.

Ilustración 21, Generación de desechos en la UVG



PET: botellas de plástico reciclables (generalmente de aguas gaseosas, agua pura, jugos, etc) este tipo de desecho se encuentra por lo general en los basureros de las cafeterías de la Universidad. Este plástico es reciclado por las asociaciones estudiantiles quienes tienen proyectos internos de recolección, además el PET que no es captado por dichas asociaciones es reciclado por el servicios de basura, el cual recoge las bolsas de basura todos los días y separa el PET.

PAPEL: Todo el papel de residuos administrativos es reciclado internamente por la UVG. También existen proyectos las asociaciones estudiantiles y de SIFE para la recolección interna de papel. Se podría considerar que todo el papel considerado “desecho” es totalmente reciclado.

**ALUMINIO:** El 100% del aluminio es proveniente de latas de aguas gaseosas, jugos, etc. Este material es reciclado por asociaciones y proyectos internos de estudiantes, y lo que sobra lo recicla el servicio de la basura

**DESECHOS NO RECICLABLES:** Los desechos no reciclables comprenden papeles del baño, duroport, empaques de sabritas, galletas, platos plásticos, vasos de café, cajas de pizza, etc. Estos desechos los recoge el camión de la basura y no son reciclados.

**OTROS:** La categoría de otros comprende desechos de laboratorios, desechos de las cocinas de la cafetería como aceite, empaques de harina, cáscaras de frutas y verduras, etc.

**DESECHOS DE JARDINERÍA:** Son los desechos generados por todas las áreas verdes de la Universidad. Flores secas, grama cortada, troncos, hojas, etc.

Para fines de este megaproyecto se realizó un análisis de las bolsas de basura que son apiladas diariamente en la bodega de basura. A continuación se explica la metodología utilizada.

## E. Desechos de cafetería UVG

Durante los primeros tres meses de este proyecto, se realizó una visita de diagnóstico a las tres cafeterías que se encuentran dentro del campus de la universidad: Café Gitane, RED, La Holandesa; con el objetivo de tener una primera aproximación de la cantidad de bolsas de basura desechadas diariamente. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Tabla 4, Bolsas diarias generadas por las cafeterías de la Universidad

Café Gitane	3 bolsas diarias
RED	6 bolsas diarias
La Holandesa	4 bolsas diarias
TOTAL	13 bolsas diarias.

Las bolsas de basura que utilizan los basureros de estas tres cafeterías son de dos tamaños diferentes. Con el fin de unificar las unidades de medida, se tomó como referencia que dos bolsas medianas (0.52m X 0.70m) equivalen a una bolsa grande (0.77m X 0.85m) de basura. Las medianas tienen una capacidad de 8 galones y las grandes aproximadamente 30 galones.

Como parte del trabajo de campo, se realizó una investigación acerca del itinerario de recolección de basura, con el objetivo de conocer la frecuencia con la que se recoge la basura. se encontró que el área de desechos que tiene la universidad se llena diariamente en su capacidad máxima, incluso existen días en los que la bodega de basura no se da abasto, y los conserjes deben depositarlas a la par de la bodega para que el camión de la basura los recoja. Los horarios en los que el camión de basura recoge las bolsas son los siguientes:

Tabla 5, Horario del camión de basura

Lunes, miércoles, viernes	12:00 hrs
Martes, jueves y sábado	16:00 hrs

Adicionalmente, se llevó a cabo el primer proceso de muestro aleatorio en donde se tomaron en cuenta los desechos sólidos de las bolsas de basura de la

Universidad. Se procedió a examinar el contenido dentro de las bolsas, los materiales encontrados dentro de las mismas fueron los siguientes:

Tabla 6, Porcentajes de desechos generados por las personas de la Universidad

Botellas de plástico	70%
Empaques de sabritas, galletas, etc.	10%
Vasos de duroport (bebidas calientes)	8%
Platos desechables	7%
Latas	3%
Cáscaras de frutas	2%
Total	100%

Esto es únicamente los desechos disponibles de las cafeterías, es importante hacer la observación de que estos porcentajes excluyen los desechos de jardinería y los desechos en general de la UVG, los cuales se especifican en el modulo de factibilidad.

Se procedió a pesar las bolsas en la balanza obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 7, Peso de bolsas

Bolsa 1	8.5 libras	3.86 kg
Bolsa 2	7.5 libras	3.40 kg
Bolsa 3	7 libras	3.18 kg
Promedio	7.67 libras	3.49 kg

Para darle seguimiento y obtener una muestra mucho más representativa de los desechos diarios de la universidad, se habló con las tres cafeterías para monitorear los horarios en los que llevan las bolsas de basura al área de

depósitos y se concretó un día específico con cada una de ellas para determinar el peso de las bolsas de forma directa, ya que por el momento no se cuenta con una clasificación de material en la bodega de basura.

Al llegar a la conclusión que no se cuenta con los suficientes desechos orgánicos adecuados para realizar el compostaje, se decidió hacer el proceso con desechos de jardinería únicamente, ya que la UVG dispone de bastante el volumen para la creación de pilas.

Para más detalles sobre la producción y la cantidad de compost que generan los desechos de jardinería de la UVG, consultar el módulo de factibilidad, en la parte de costos.

## F. Manejo de desechos de jardinería dentro de la UVG

El manejo de desechos de jardinería generados diariamente dentro de las instalaciones de la UVG se trata de la misma forma como se tratan el resto de desechos. Es decir, no existe una modalidad especial para tratar este tipo de desechos.

El proceso de recolección de desechos de jardinería se realiza una vez al día por los jardineros de cada área. Los desechos son recogidos generalmente por las mañanas (algunas veces, si es necesario, se recogen mañana y tarde dependiendo la temporada del año y la cantidad de desechos que hayan sido generados en el día).

Estos desechos son depositados en bolsas negras de basura y son trasladadas a la bodega central de basura ubicada a un costado del laboratorio de operaciones unitarias. Por lo general, las bolsas con desechos de jardinería cuentan con hojas secas, grama recién cortada, troncos, hojas de árboles

podados, ramas, etc. Estas bolsas son apiladas en la bodega central hasta que el camión del servicio de la basura recoge todos los desechos de la UVG a las 4am de lunes a sábado. Actualmente, el único material que es separado es el papel. Una vez al mes una empresa recicladora visita las instalaciones de la UVG y recoge el papel que haya sido acumulado durante el mes y se lo compra a la Universidad para poder reciclarlo.

A continuación se muestra un diagrama que muestra el proceso de manejo de desechos de jardinería:

Ilustración 22, Manejo de desechos de jardinería en la UVG

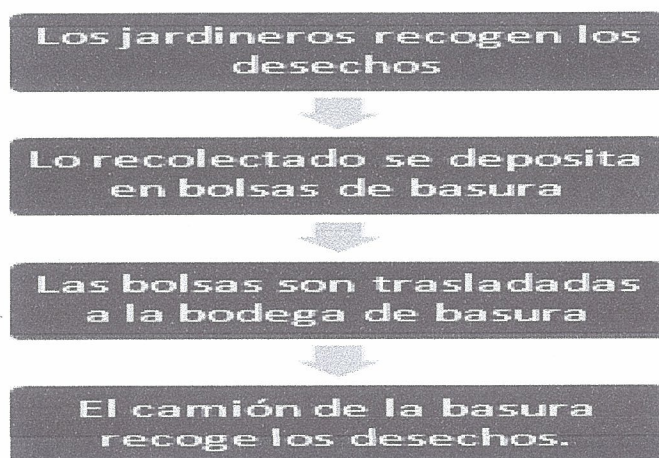


Ilustración 23, Almacenamiento de basura dentro de la UVG



La Ilustración 7, muestra las bolsas apiladas afuera de la bodega central de basura listas para ser recogidas por el camión de la basura. Generalmente, los desechos de jardinería se quedan afuera de la bodega pues la capacidad de la bodega para almacenar basura es limitada.

1. Recolección de desechos del proyecto estudiado. Colaboración por Mariandrè Massanet. El método que se analizó en esta etapa es la recolección actual de desechos para la producción de compost, con el objetivo de hacer más eficiente el proceso.

Se tomó en cuenta la mejora de proceso para la recolección de desechos de jardinería del la UVG únicamente. Ya que se estudió la recolección y destino de reciclaje para los materiales de papel, cartón y desechos de cafetería, como se mencionó anteriormente y de acuerdo a su destino final, su clasificación y recolección es diferente de la de los desechos de jardinería.

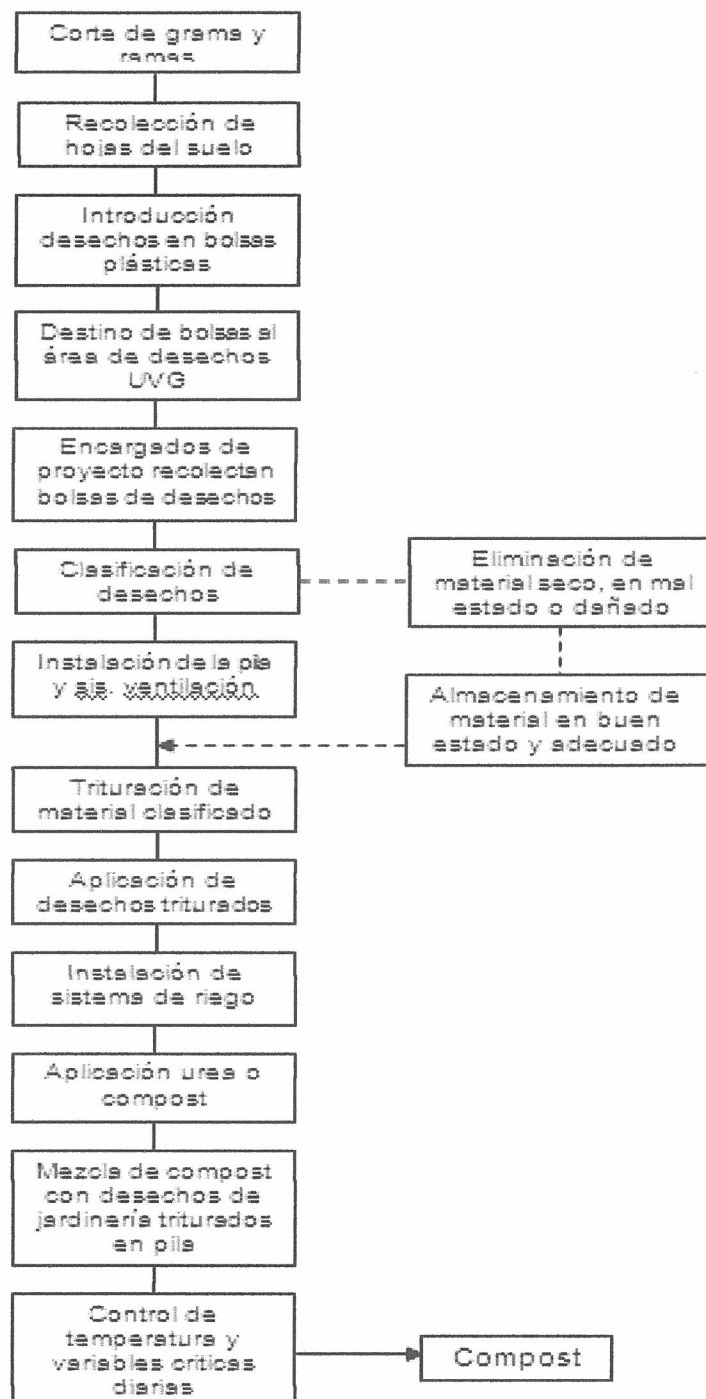
Los desechos de jardinería se recolectan diariamente por medio de un servicio externo que contrata la UVG. Aproximadamente son 2 o 3 bolsas negras grandes de basura las que se recolectan al día.

Se coordinó con el Departamento de Mantenimiento de la UVG para que los desechos sean almacenados todos los días a la par de la bodega de basura. Cabe mencionar que la separación de bolsas para los desechos sólidos de cafeterías, oficinas, corredores y aulas, son necesarias para que no se confundan con las bolsas de desechos de jardinería, ya que de no existir esta separación, el camión de la basura se llevaría todas las bolsas, y no habría material para producir compost.

Otra razón por la que se realiza la clasificación es para que los encargados del proyecto puedan pasar recogiendo las bolsas de jardinería, dos

veces a la semana. De esta manera se logra una cantidad moderada a la semana para triturar e ir formando la pila para compost.

Ilustración 24, Diagrama de flujo de recolección de desechos actual



## G. Oportunidades de cambio

Durante esta etapa del proyecto se tuvo la oportunidad de conocer a fondo el manejo de desechos actual de la UVG.

El problema principal detectado es la falta de clasificación de los desechos, ya que realmente no existe una cultura de reciclaje en los alumnos y en las oficinas administrativas, esto trae como consecuencia que al abrir una bolsa de basura, la mezcla encontrada es material revuelto con todo tipo de desechos. Esto dificulta considerablemente implementar un sistema de reutilización de residuos.

Se pudo detectar puntos claves que generan oportunidades de cambio en el manejo de desechos en general y especialmente a los desechos de jardinería. Estas propuestas de mejora generarán beneficios no sólo económicos, sino también estéticos y ambientales. A continuación se numeran los más relevantes:

- Es necesario re utilizar los desechos. Actualmente, no se cuenta con un proyecto de reciclaje de alto impacto que clasifique los desechos generados y haga de ello una oportunidad de ingresos económicos y al mismo tiempo sea de beneficio para el medio ambiente. A pesar de que la Universidad se ha consolidado como una Universidad científica y ecológica, el manejo de desechos es pobre y no cuenta con proyectos auto sostenibles que generen ingresos a través de los desechos
- El área de almacenamiento de la basura es limitada. Esta bodega fue construida cuando la cantidad de desechos que eran generados dentro de la Universidad eran la mitad de lo que se genera en la actualidad. Cuando la bodega alcanza su límite, las bolsas de basura son apiladas en la parte de afuera. Aunque el área donde está ubicada la bodega no es un área concurrida, el aspecto visual que generan las bolsas de basura afuera de la bodega no es agradable. Por otra parte, si por alguna razón el camión

de la basura no pasa recogiendo la basura del día anterior, esto podría generar propagación de malos olores.

- Re utilizar los desechos de jardinería para la elaboración de compost. Estos desechos en la actualidad son considerados basura y su manejo representan un gasto para la universidad. Generar compost propio para cubrir la demanda parcial o total de abono, sería un proyecto ecológico que se sumaría a los proyectos de carácter ecológico que ejecuta la UVG y que consolidan a esta Universidad como una universidad que se preocupa por la conservación del medio ambiente.

## H. Etapa preliminar del montaje del sistema de aireación

Se realizó la respectiva revisión bibliográfica para determinar los fundamentos de la aireación forzada y los posibles sistemas que podían utilizarse en el tipo de pila con la cual se iba a trabajar.

Se procedió a investigar acerca del tipo de equipo que podía utilizarse, el cual consistía básicamente de un soplador radial en conjunto con su motor y un sistema de tuberías capaces de suministrar el aire a la pila de desechos.

El área que fue designada para el montaje del prototipo fue el parqueo de buses del Colegio Americano, a un costado del taller de máquinas y herramientas de la Universidad del Valle de Guatemala.

La Universidad del Valle ya contaba con equipo disponible que podía ser de gran utilidad para montar el prototipo, sin embargo fue necesario someterlo a pruebas para determinar su funcionamiento y si era factible utilizarlo.

## Características del equipo proporcionado por la UVG

Las características del motor DAYTON utilizado se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8, Especificaciones del motor

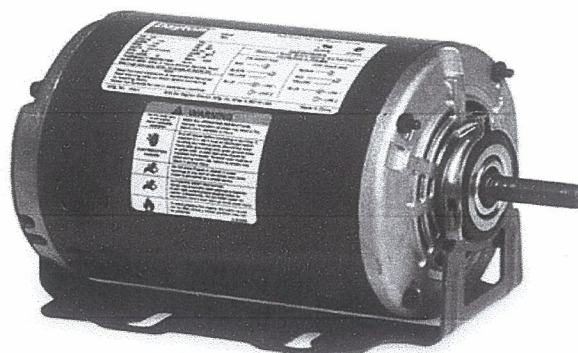
<b>Dayton</b>	<b>3ZP92</b>
<b>Potencia</b>	¼ hp
<b>Frecuencia</b>	60Hz
<b>Voltaje</b>	115/208-230
<b>Amperaje</b>	4.6/2.2-2.3
<b>Díámetro del cilindro</b>	5 5/8 pulg.
<b>Peso</b>	15.81 lb.
<b>Velocidad de operación</b>	1400-1800 rpm

Este motor utiliza rodamientos de bolas los cuales deben lubricarse cada tres meses de uso, esto puede variar dependiendo el tiempo que se utilice el motor diariamente, sin embargo se recomienda que la lubricarlos como mínimo una vez en el tiempo mencionado con anterioridad.

- Cuenta con protección térmica interna automática
- Tiene la capacidad de trabajar en ambientes cálidos a temperaturas de 400C
- Posee un factor de servicio de 1.35, lo cual significa que puede sobrepasar en un 35% la potencia máxima estipulada sin sufrir un sobrecalentamiento
- Los componentes del motor cuentan con una vida promedio de dos a tres años, el tiempo exacto dependiendo siempre del uso

## Ilustración 25, motor Dayton 3zp92

(<http://www.grainger.com>)



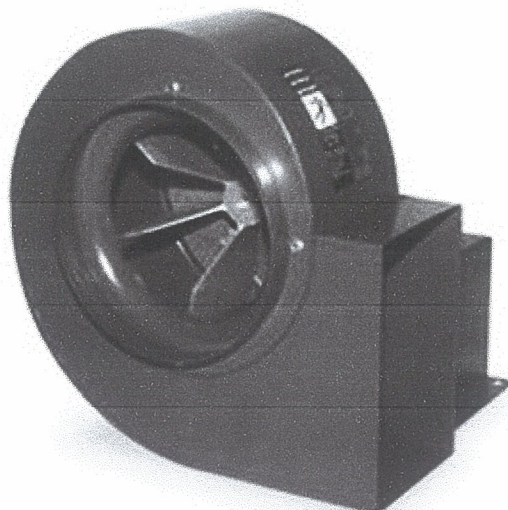
En conjunto con el motor, el soplador que sirve como complemento para formar el sistema de aireación es también de marca DAYTON, modelo 2C863 el cual cuenta con las características presentadas en la tabla 3. Este soplador tiene la ventaja que se acopla al motor perfectamente por lo que no fue necesario realizar ningún tipo de modificación.

Tabla 9, Características del soplador Dayton

Soplador Dayton	Modelo 2C863
<b>Diámetro del rodete</b>	9 pulg.
<b>Alto</b>	16 pulg.
<b>Ancho</b>	16 pulg.
<b>Ancho del ventilador</b>	5 pulg.
<b>Material de carcasa</b>	Acero
<b>Material de los álabes</b>	Aluminio

**Ilustración 26, Soplador DAYTON 2C863**

<http://www.grainger.com>



Para poder distribuir el aire uniformemente por toda la pila, se utilizó tubería y accesorios de PVC, utilizando un tubo de 5m de longitud como el tubo medio principal de aireación para los desechos.

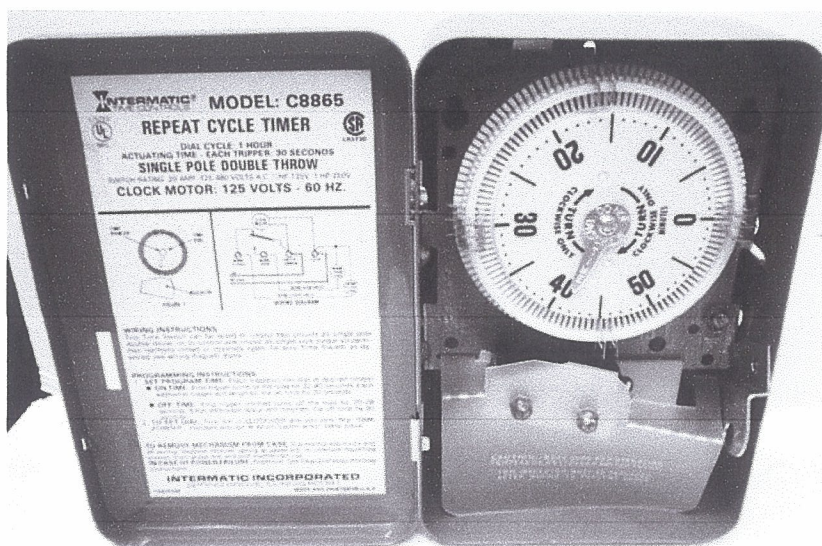
Tabla 10, Especificaciones de equipo misceláneo

Elemento	Especificaciones esenciales
<b>Tubería</b>	PVC 6" de diámetro y 5m longitud
<b>Tapón</b>	PVC 5"
<b>Codos 900</b>	PVC 6" de diámetro
<b>Tubería de acople</b>	PVC 6" de diámetro y 1m longitud
<b>Temporizador</b>	Intermatic C8865

Para poder establecer la duración de los ciclos de encendido y apagado del sistema, se utilizó un temporizador de la marca Intermatic. Éste es un modelo de accionamiento mecánico con un ciclo de operación que puede programarse dentro de una hora. Una revolución completa del disco temporizador es una hora exacta de operación. En el disco temporizador se pueden acoplar varios pines de cobre que al hacer contacto con el pin de encendido, el temporizador activa el motor e inicia su funcionamiento, manteniéndose encendido mientras los pines se mantengan en serie para seguir cerrando el circuito, con un tiempo previamente establecido por el operador.

Ilustración 27, Temporizador Intermatic Modelo C8865

<http://intermatic.com/products>



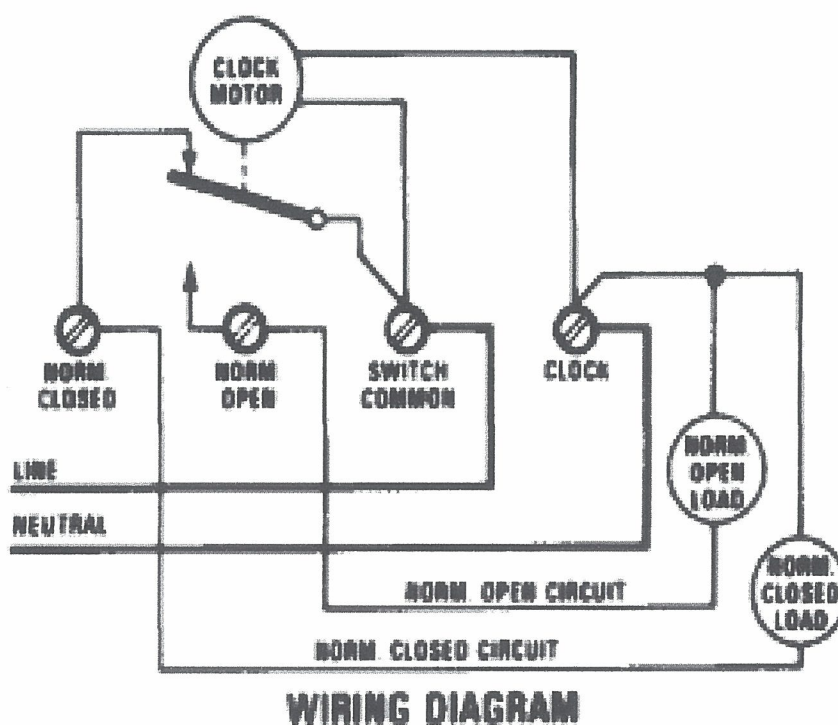
Un punto importante de este temporizador es que el tiempo que se puede programar está dentro de la hora de operación y no para cada hora de operación. Para evitar confusión, tomaremos como ejemplo un motor que deba mantenerse encendido durante 20min. Podemos hacer con este temporizador que el tiempo máximo de descanso sea de 40 min. Ya que ambos, el tiempo de

operación y de descanso, suman exactamente la hora que posee el disco temporizador.

Para poder conectar el temporizador al motor, se utilizó como referencia el diagrama eléctrico mostrado en la Ilustración 19.

Ilustración 28, Diagrama eléctrico temporizador C8865

<http://www.intermatic.com/products>



En la Tabla 6 se presentan las especificaciones del temporizador y sus aplicaciones más comunes. El tiempo de vida de este temporizador, especificado por el fabricante, depende del tamaño y el tipo de la carga controlada. La expectativa mínima de vida para una carga de 20 Amps. son 100,000 ciclos.

Tabla 11, Especificaciones Temporizador Intermatic C8865

<http://www-intermatic.com/products>

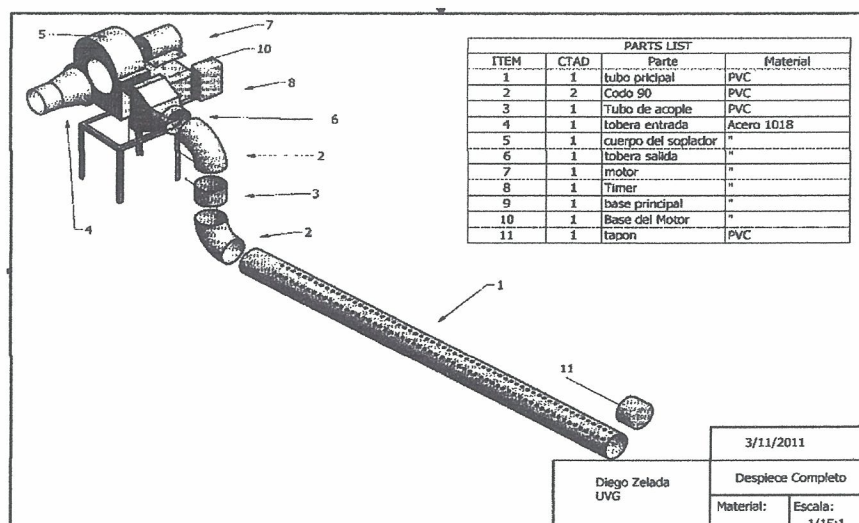
Temporizador	Intermatic
Modelo	C8865
Voltaje del reloj	125V
Frecuencia	60Hz
Corriente de Switch	20 amp.
Ciclo de conteo	1 Hr.
Tiempo de pines actuadores	30 seg.

## I. Etapa Experimental

### 1. Ensamblaje del prototipo.

A continuación se presenta un plano de ensamblaje del prototipo de aireación en donde se especifica en donde debe acoplarse cada componente.

Ilustración 29, Plano de ensamble



## 2. Secuencia de ensamblado:

Se debe contar con una base para poder montar el conjunto motor-soplador.

Se procede a acoplar el motor con el soplador y a la instalación del temporizador.

Se instala la tubería de acople que va al tubo principal, compuesta por el tubo de acople y los codos de 90°.

Finalmente se instala el tubo de ventilación, con su respectivo tapón, siendo este previamente agujereado según la configuración que se presenta en la sección del apéndice.

Para protegerlo de la intemperie se utilizó como resguardo un tonel vacío de aceite al cual únicamente fue necesario realizarle los respectivos cortes en su sección transversal para dejar libres la succión y descarga de aire.

Para proteger el motor de la intemperie se utilizó un tonel de aceite vacío al cual se le realizaron cortes en la sección transversal para la succión y descarga.

Ilustración 30, Sistema de ventilación

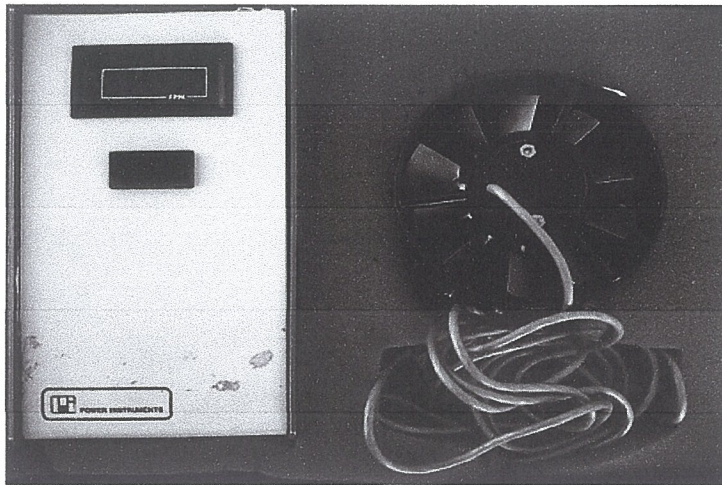


### 3. Determinación de caudal y presión estática del ventilador.

Una vez con el sistema ensamblado, se procedió a realizar los cálculos y las mediciones experimentales para obtener el caudal promedio a lo largo de todo el tubo de aireación y la presión estática.

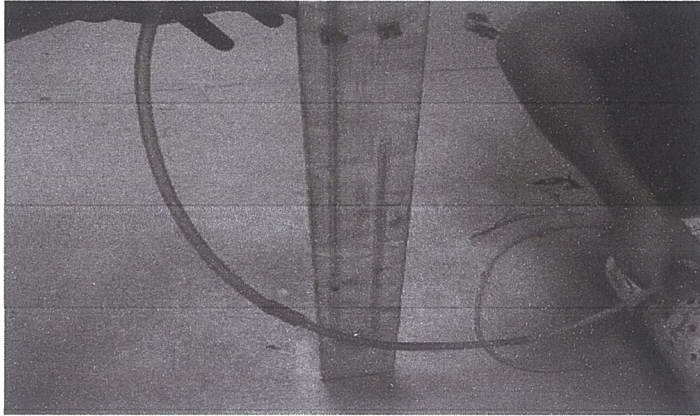
Los instrumentos utilizados fueron un anemómetro y un manómetro diferencial de agua.

Ilustración 31, Anemómetro electrónico Power Instruments



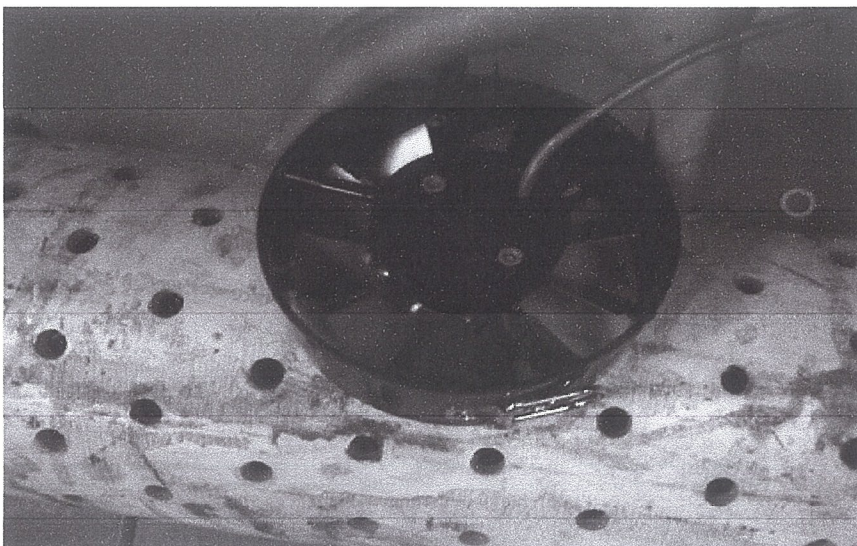
El flujo a lo largo del tubo no resultó ser uniforme al igual que la presión estática, por lo que fue necesario tomar mediciones en tres puntos distintos; al inicio, en medio y al final.

Ilustración 32, Flujo en el tubo de aireación, Manómetro Diferencial



Teniendo los datos de velocidades y presiones estáticas, se contaba con un rango de operación, el cual posteriormente se promedió y como complemento se obtuvo la desviación estándar para determinar la variación de la velocidad y la presión entre puntos de medición.

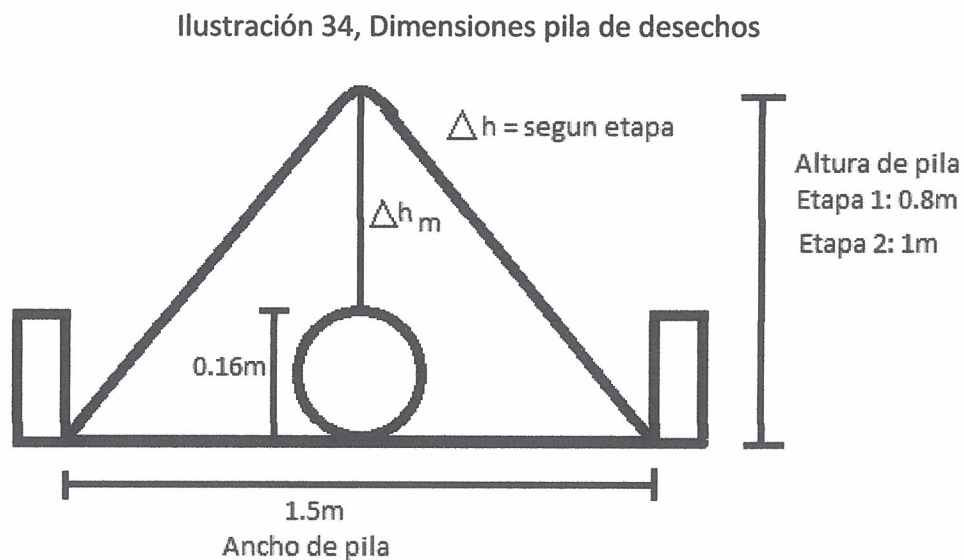
Ilustración 33, Medición de velocidad en los agujeros



Con el promedio de la velocidad, se obtuvo el caudal promedio multiplicando ésta por el área total de todos los agujeros de ventilación.

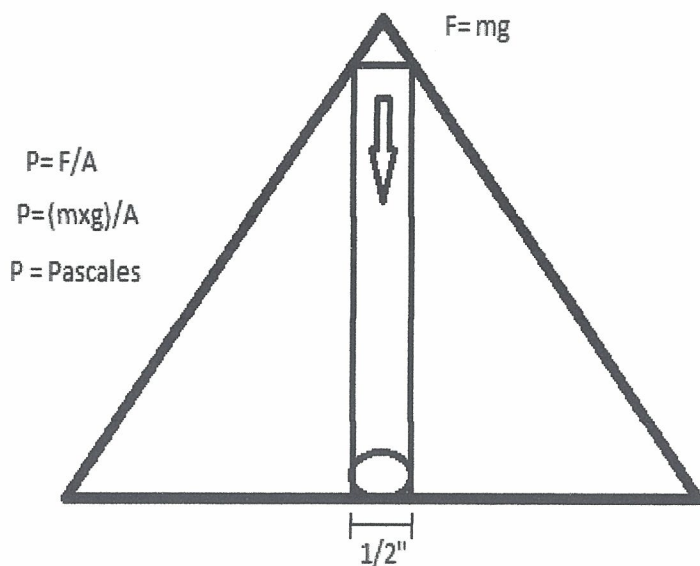
Ya teniendo un valor de caudal promedio así como también de la presión estática del ventilador, se procede a calcular la cantidad de materia sobre el tubo que puede vencer esta presión estática.

A continuación se presenta un diagrama con las dimensiones de la pila en configuración triangular y como se determinó la cantidad de material que vence el aire con la presión estática promedio.



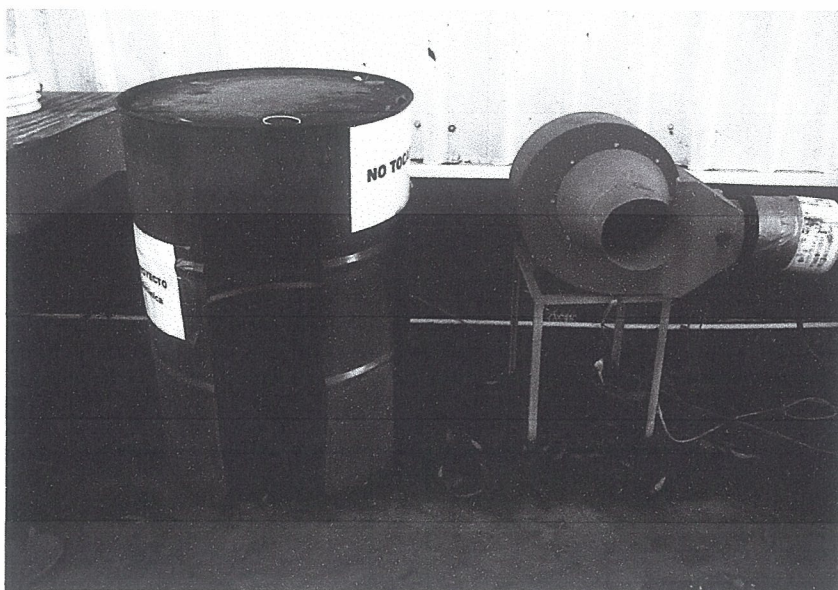
Se considerará al agujero más crítico aquel que queda directamente en medio del tubo de ventilación y a la mitad de la pila, por ser éste el que contiene la mayor cantidad de materia encima.

Ilustración 35, Cantidad de materia sobre agujero más crítico



Teniendo la presión estática en Pascales, se despeja con la densidad de la materia ( $20.55\text{kg}/\text{m}^3$ ) para la longitud, lo cual nos da la altura máxima que podemos que nuestro soplador puede vencer de materia.

Ilustración 36, Tonel de protección y sistema de ventilación



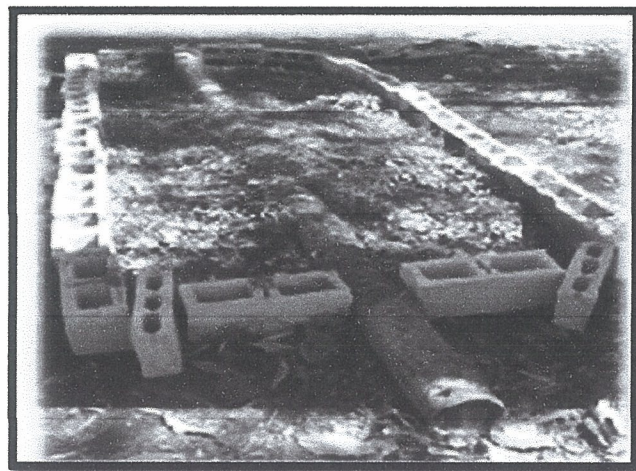
## J. Etapa preliminar del biodigestor

- Se utilizó un sistema abierto de pila estática basado en un proceso aeróbico.
- Se decidió ubicar un biodigestor de dimensiones: 4.50m de largo, 1.50m de ancho, en el área del taller de metal mecánica de la Universidad del Valle de Guatemala.
- La tubería determina la capacidad para generar compost, proveniente de los desechos verdes de la Universidad del Valle de Guatemala. Para los cálculos de volumen a manejar se usará el área de un triángulo  $(B \cdot h)/2$  multiplicado por el largo, este cálculo se puede rediseñar para una capacidad distinta dependiendo de la cantidad de materia orgánica verde.
- Esta localización carecía de tierra fértil y al carecer de este tipo de tierra, el factor extra de absorción de nutrientes que proporciona el suelo es cero.
- La absorción natural de nutrientes suelo-material orgánico tuvo que ser sustituido por un agente químico (urea) y orgánico extra (vermicompost), ya que el terreno de instalación carece de ellos.
- La humedad se controló por medio de inyección de agua, un sistema de desagüe y la capacidad inherente de un cuerpo a la absorción de cierta cantidad de agua.
- El ángulo de inclinación del suelo sobre el cual se instalará el biodigestor es de aproximadamente  $5^\circ$ . Esta pendiente nos proporciona las condiciones necesarias para que el agua en exceso fluya de una manera natural, gracias al efecto de la gravedad que actúa sobre el flujo en exceso de agua.
- Debido a que el espacio es abierto, no posee alguna barrera natural contra la radiación solar.

- Se decidió utilizar desechos de jardinería de la Universidad del Valle de Guatemala, ya que estos eran la única materia orgánica que se desecha en cantidades suficientes para llenar un biodigestor de  $6.75\text{m}^2$  y de altura por definir.
- Se trituraron los desechos verdes, para así tener dimensiones estándares en el rango de los 5cm a 10cm de largo por 1cm a 2 cm de ancho. Dimensiones apropiadas para una homogenización y degradación acelerada, gracias al calor que se genera en el biodigestor y a la humedad de la materia orgánica.
- El equipo de trituración consistió en una trituradora de residuos orgánicos, marca Trapp, modelo TR200, capaz de triturar cáscaras de frutas y huevos, pequeños huesos, sobras de comidas, periódicos, papeles, maderas, virutas de árboles, césped, seto, arbustos, hojas, flores secas, restos de vegetales y frutas.
- La cantidad de aire requerida de referencia para un biodigestor de este tipo, es aproximadamente de  $125\text{m}^3/\text{día}$  a  $500\text{m}^3/\text{día}$ , este caudal sólo posee una entrada al biodigestor y ésta tiene que ser suficiente para abastecer toda la materia orgánica verde.
- El equipo de aireación consistió en un ventilador de  $\frac{1}{4}$  Hp,  $1.45\text{ m}^3/\text{min}$ . controlado por un timer, una tubería de 6 pulgadas de diámetro (PVC) y 5 metros de largo, perforada con broca de diámetro de  $\frac{1}{2}$  pulgada.
- La relación Carbono/Nitrógeno, se reguló por medio de agentes químicos y orgánicos para tener una relación óptima  $25\%C/1\%N$ , ya que la materia orgánica que se utilizó (hojas secas) posee una relación  $54\%C/1\%N$ , no apta para una descomposición y degradación acelerada.
- Se tomó la decisión para el control de temperatura, de utilizar un termómetro de vástago, en donde el vástago se entierra en el biodigestor aproximadamente de 40cm a 50cm y así obtener la temperatura del biodigestor. Esta práctica se realizó en 3 puntos, extremo derecho, extremo izquierdo y en el centro para comparar la generación de calor a lo largo del biodigestor.

- Se necesita controlar los factores externos y por eso se creó una barrera de blocks, tanto para que no se desborde el material como para evitar la intromisión de plagas o factores que no se pueden contralar las 24 horas del día.

Ilustración 37, Instalación de biodigestor.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12, proporciones de materia prima en el biodigestor

Proporciones de materia prima en el biodigestor		
Material orgánico	Etapa #1 y #2 (%)	cantidad de bolsas
hojas secas	63.29%	40
grama	14.55%	9.2
otros(flores y tallos)	14.24%	9
pino	7.91%	5
total	100%	63.2 bolsas

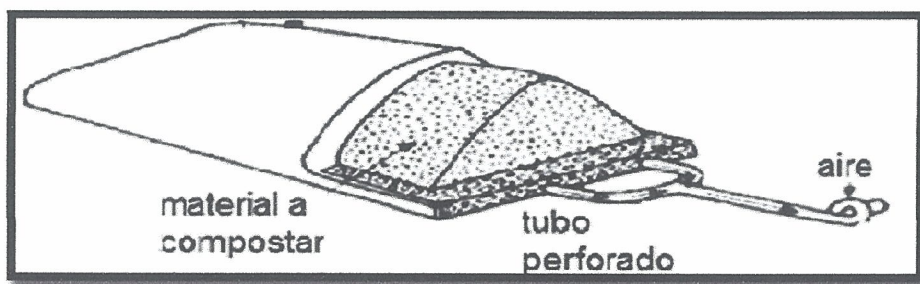
Fuente: Elaboración propia

## K. Etapa experimental

- La etapa #1 consistió en 47 días, en los cuales se controlaron las variables críticas como lo son, el agua, aire y relación Carbono/Nitrógeno.
- Para la etapa #1 se construyó un biodigestor aeróbico de modo estático con unas dimensiones de: 4.50m de largo, 1.50m de ancho y 0.80m de altura. El volumen a procesar fue de 2.70m<sup>3</sup>. Esta prueba se corrió el período de 28/03/2011 al 14/05/2011.
- Un sistema de desagüe, que consistía en 4 láminas galvanizadas calibre 20, de dimensiones 0.91m de ancho por 1.82m de largo, traslapadas una con la otra, para el flujo de agua en exceso, esto gracias a la inclinación del suelo (5°).
- El prototipo debía adaptarse a las condiciones climatológicas en las que se sometería la pila de compost, en este caso la radiación solar, ya que por ser época de verano, la pila necesitará abastecerse de agua continuamente.
- Se cubrió totalmente el biodigestor con un material protector fabricado de nylon para evitar resequedad a causa de la radiación solar.
- Inyección de aire durante un lapso de 3min/hora, durante todo el día, todos los días que se corrió la prueba.
- Se agregó urea el primer día de la etapa #1(28/03/2011), un agente químico rico en Nitrógeno (75%N), a la materia orgánica a compostar. La dosis suministrada fue de 0.56 kg. de urea, diluidas en 0.0054m<sup>3</sup> de agua, esta se distribuyó en 0.0020m<sup>3</sup>urea-agua/m<sup>3</sup>desecho, aproximadamente, en los 2.70m<sup>3</sup> de materia orgánica de desecho.
- La medición de la temperatura se efectuó con un termómetro de vástago, con un rango de temperatura de (0°F -200°F), el vástago se entierra en el biodigestor aproximadamente de 40cm a 50cm. Para facilidad del usuario éste tiene tres diferentes rangos, 80°F -100°F (steady) ,100°F -120°F (active) y 120°F -140°F (hot), en los cuales se muestra la temperatura óptima en la cual se genera la mayor degradación.

- Se emplearon volteos en respuesta a las caídas de temperatura, para homogenizar el material orgánico, tanto en relación C/N como en consistencia uniforme del material orgánico, durante cuarenta y siete días que duró el proceso, aplicado a la mezcla de basura verde.
- Se le suministró  $0.002\text{m}^3\text{H}_2\text{O}/\text{m}^3$  de desecho, aproximadamente, en los  $2.70\text{m}^3$  de materia orgánica de desecho, tres veces por semana, siendo estos los lunes, miércoles y viernes que duro la etapa.

Ilustración 38, Bosquejo de instalación



Fuente: CERISOLA, 1989

Ilustración 39, Biodigestor operando, Etapa # 1.

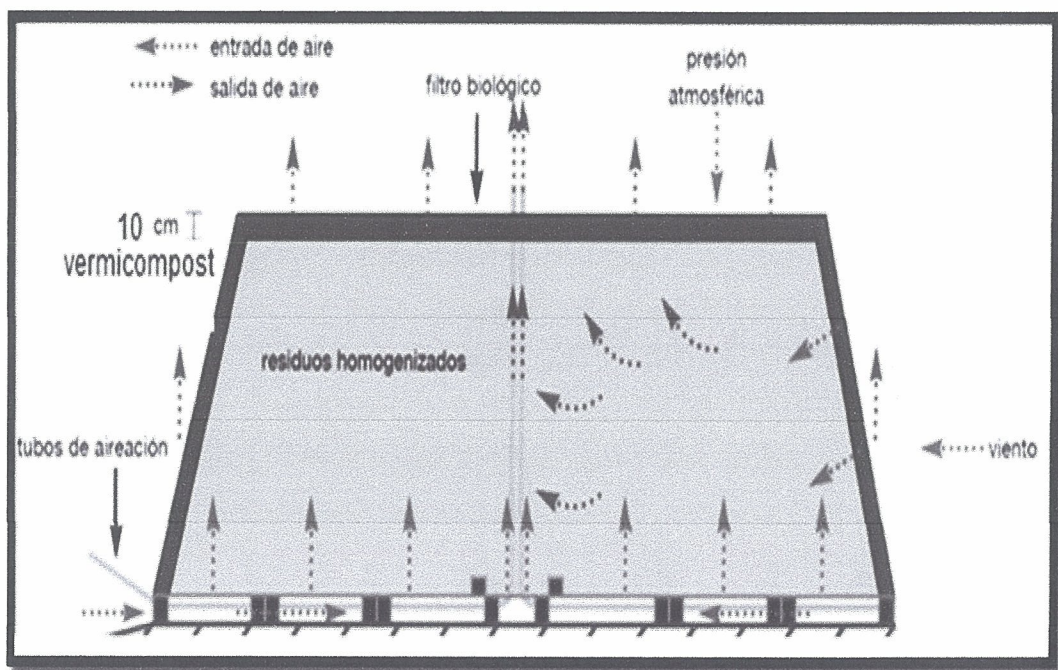


- La etapa #2 consistió en 18 días, en los cuales se controlaron las variables críticas como lo son, el agua, aire y relación Carbono/Nitrógeno.
- Para la etapa #2 se modificaron las dimensiones del biodigestor aeróbico de modo estático de la etapa #1 a: 1.80m de largo, 1.50m de ancho y 1.00m de alto. El volumen a procesar fue de 1.35m<sup>3</sup>. Esta prueba se corrió el período de 18/05/2011 al 05/06/2011.
- Debido a las dimensiones de la etapa #2, se sellaron 2.10m de la tubería (PVC) de 5m., un 42%, para evitar pérdidas de aire.
- Un sistema de desagüe, que consistía en laminas galvanizadas (resistentes a la corrosión) traslapadas una con la otra, para tener una extracción del agua en exceso, gracias a la inclinación del suelo (5°).
- Se utilizó la misma materia orgánica verde de la etapa #1, reacondicionando esa materia para las nuevas dimensiones.
- El prototipo debía adaptarse a las condiciones climatológicas en las que se sometería la pila de compost, en este caso la radiación solar, ya que por ser época de verano, la pila necesitará abastecerse de agua continuamente.
- Se cubrió totalmente el biodigestor con un material protector fabricado de nylon para evitar resequedad a causa de la radiación solar.
- Inyección de aire durante un lapso de 10min/hora, durante todo el día, todos los días que se corrió la prueba.
- Se agregó vermicompost, un agente orgánico que posee una gran cantidad de nutrientes y de microorganismos descomponedores de la materia orgánica. La aplicación de este consistió en esparcir una fina capa de grosor 10cm, sobre la superficial del biodigestor equivalentes a 2.12m, para que por medio de lixiviación se transmitieran los nutrientes y microorganismos hacia la materia a compostar.
- La medición de la temperatura se efectuó con un termómetro de vástago, con un rango de temperatura de (0°F -200°F), el vástago se entierra en el biodigestor aproximadamente de 40cm a 50cm. Para facilidad del usuario éste tiene 3 diferentes rangos, 80°F -100°F (steady) ,100°F -120°F

(active) y 120°F -140°F (hot), en los cuales se muestra la temperatura óptima en la cual se genera la mayor degradación.

- En esta etapa no existió volteo alguno.
- Se le suministró  $0.0020\text{m}^3\text{H}_2\text{O}/\text{m}^3$  de desecho, aproximadamente, en los  $1.35\text{m}^3$  de compost, tres veces por semana, siendo estos los lunes, miércoles y viernes que duró la etapa.
- Se tomó una muestra del centro del biodigestor para ser analizada químicamente en un laboratorio y así comparar nuestro compost contra diferentes tipos de compost comerciales.

Ilustración 40, Comportamiento del biodigestor



Fuente: García 1987

Ilustración 41, Biodigestor operando, etapa # 2



Fuente: Elaboración propia

## L. Costos relacionados al proyecto

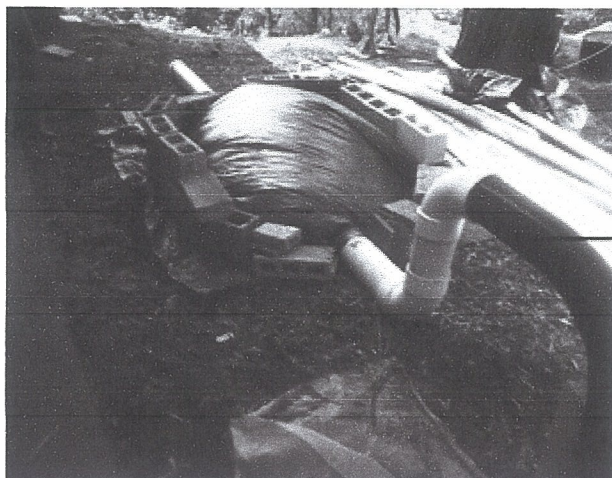
La realización de este megaproyecto, estuvo dividida en dos fases. En cada fase se construyó un prototipo diferente. La primera fase se realizó un biodigestor en forma de pila (ver sección D de la sección Marco Teórico, página 3) cuyo único objetivo era la descomposición de la materia prima, en el cual posteriormente se generaría el compost. En la segunda fase se construyó un segundo prototipo llamado reactor cuyo objetivo era comprobar la estabilidad del compost obtenido durante la primera fase. Tanto el biodigestor como el reactor, fueron diseñados por los alumnos de ingeniería mecánica que participaron dentro de este Megaproyecto. Las especificaciones de cada uno de estos modelos se encuentran detalladas en los respectivos módulos de dichos alumnos.

A continuación se listan los costos relacionados con este proyecto y su inversión inicial.

Los costos que aparecen a continuación son basados en una estimación de precios cotizados a lo largo del año 2011 a empresas que laboran en la

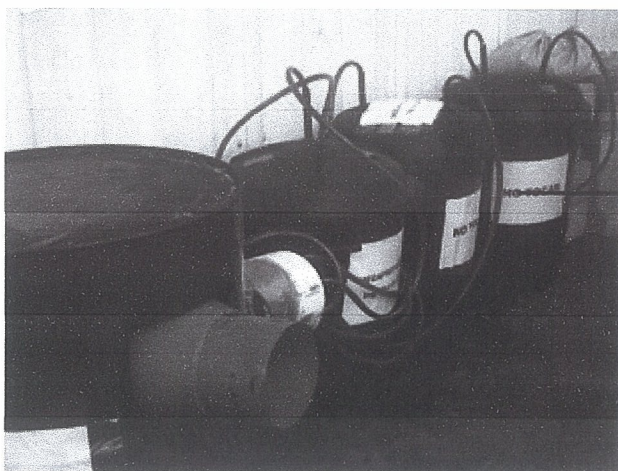
Ciudad de Guatemala. Antes de mostrar las tablas con el desglose de costos, a continuación unas fotografías del diseño final del biodigestor y del reactor para poner en contexto al lector:

Ilustración 12, Biodigestor en forma de pila



Biodigestor en forma de pila

Ilustración 43, Reactor



Reactor

Tabla 13, Inversión inicial

Inversión inicial	Q
Motor (3 motores)	Q3,223.61
soplador	Q1,722.42
trituradora	Q2,200.00
Tubos PVC 5"	Q 450.00
Termómetro	Q 276.54
Otros	Q 168.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q8,040.56</b>

En la Tabla 8, podemos observar el desglose de la inversión inicial del proyecto. Como toda inversión inicial, este monto representa la cantidad de dinero que se requiere para iniciar, sin embargo, es importante notar que la Tabla 2 muestra la inversión inicial para una vida útil del biodigestor de 5 años. Es decir, esta inversión inicial no será necesario hacerla cada vez que la pila esté generando compost, sino que dará todo el compost que se pueda producir durante cinco años con la misma inversión inicial. La vida útil de la trituradora es la única que sobrepasa los 5 años, ya que ésta tiene una vida útil de 15 años. Por lo tanto a partir del año 6, si se desea volver a invertir en el mismo proyecto, la inversión inicial será menor, ya que no será necesario reemplazar nuevamente la trituradora. Para conocer más detalles sobre la vida útil de la maquinaria, ver los módulos de ingeniería mecánica de este Megaproyecto.

## VII. RESULTADOS

### A. Resultados del biodigestor

#### 1. Etapa # 1

Tabla 14, Parámetros de operación, etapa # 1

Etapa #1	
Día de inicio	28/03/2011
Densidad material verde sin triturar	20.55 kg/ m <sup>3</sup>
Densidad del material verde triturado	196.8 kg/ m <sup>3</sup>
Volumen a compostar en el biodigestor	2.7 m <sup>3</sup>
Masa del material verde	531.36kg
Tiempo de prueba	47 días
Tasa de aireación	4.35 m <sup>3</sup> de aire durante 3 minutos, cada hora, todos los días de la etapa
Urea	0.001 kg urea/ kg de material a compostar, aproximadamente
Inyección de agua	0.002m <sup>3</sup> de agua/m <sup>3</sup> de desecho, aproximadamente
Volteos	3 volteos, ver tabla 3
Días de riego	21 días, ver tabla 3
Temperatura ambiente promedio	21°C los 47 días de la etapa
Día de finalización	14/05/2011

Tabla 15. Patrones de volteo y adición de agua, etapa # 1

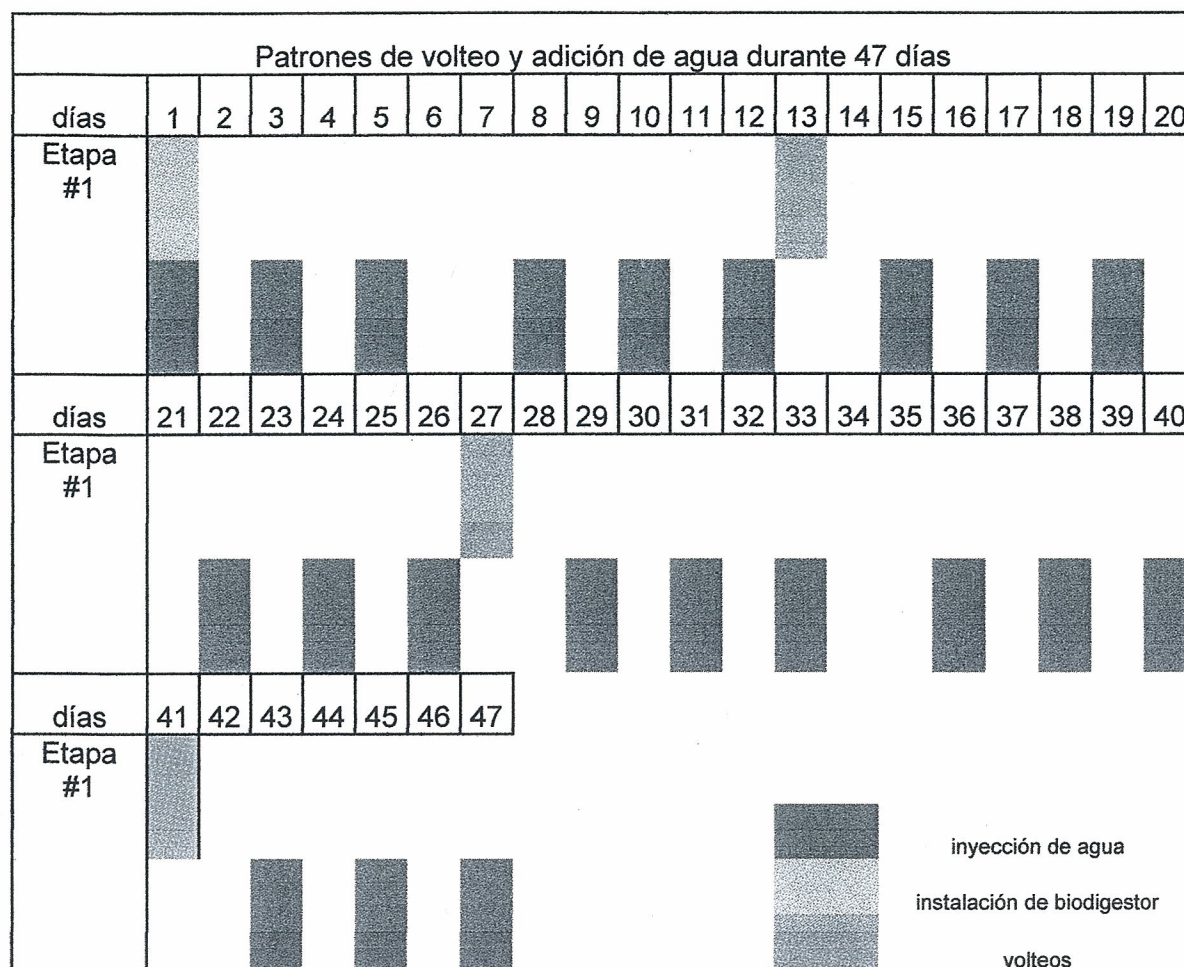
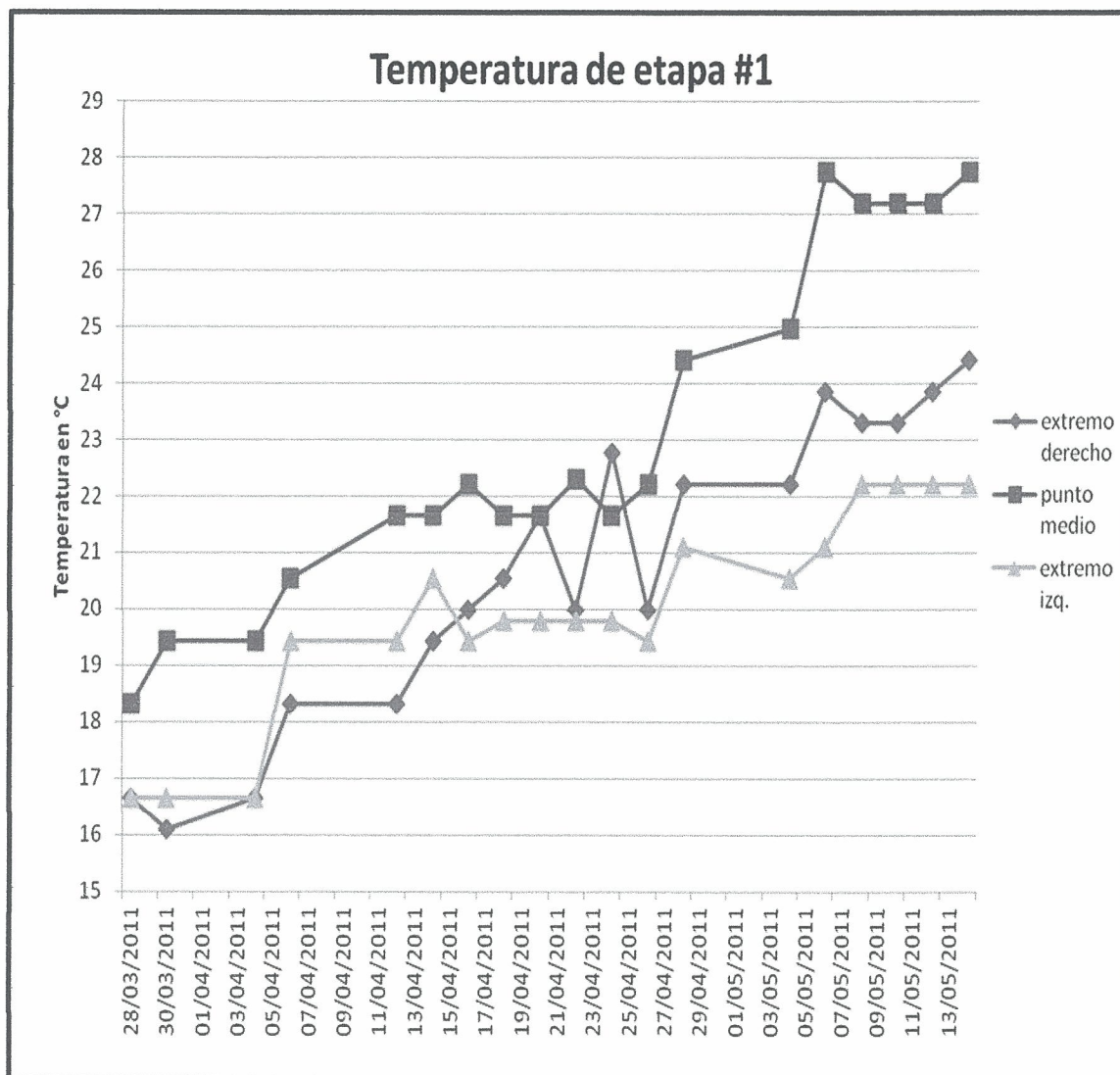


Tabla 16, Rangos de temperatura, etapa #1

Etapa # 1			
	Extremo derecho	Punto medio	Extremo izq.
T.máx. °C	24 °C	28 °C.	22 °C
T.mín. °C	16 °C.	18 °C	17°C
T. Promedio °C	21 °C	23 °C	20°C
Desviación estándar °C	2.64 °C	3.06 °C	1.79 °C

Gráfica 1, Temperaturas etapa #1



## 2. Etapa #2

Tabla17, Parámetros de operación, etapa# 2

Etapa #2	
Día de inicio	18/05/2011
Masa del material verde	No se posee
Densidad material verde triturado	No se posee
Volumen a compostar en el biodigestor	1.35 m <sup>3</sup>
Tiempo de prueba	18 días
Tasa de aireación	14.5 m <sup>3</sup> de aire durante 10 minutos, cada hora, todos los días de la etapa
Vermicompost	Capa superficial, grosor 10cm
Inyección de agua	0.002 m <sup>3</sup> de agua/ m <sup>3</sup> de desecho, aproximadamente
Volteos	0, ver tabla 6
Días de riego	8, ver tabla 6
Temperatura ambiente promedio	19°C los 18 días de la etapa
Día de finalización	05/06/2011

Tabla 18, Reacondicionamiento de dimensiones y adición de agua, etapa # 2

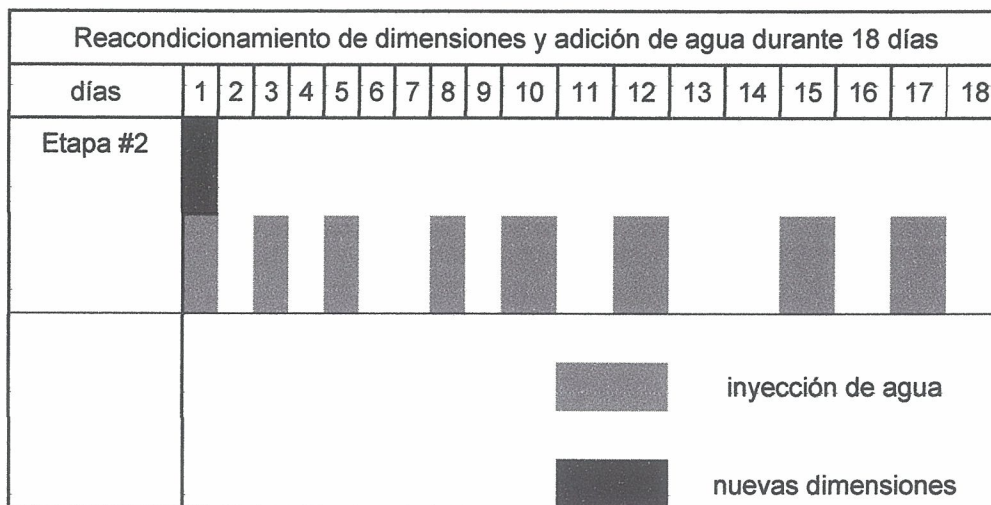


Tabla 19, Rangos de temperatura, etapa # 2

Etapa # 2			
	Extremo derecho	Punto medio	Extremo izq.
T.máx. °C	37 °C	41 °C	37 °C
T.mín. °C	17 °C	23 °C	18 °C
T. Promedio °C	27 °C	32 °C	27 °C
Desviación estándar en °C	6.99 °C	5.79 °C	6.22 °C

Gráfica 2, Temperaturas etapa # 2

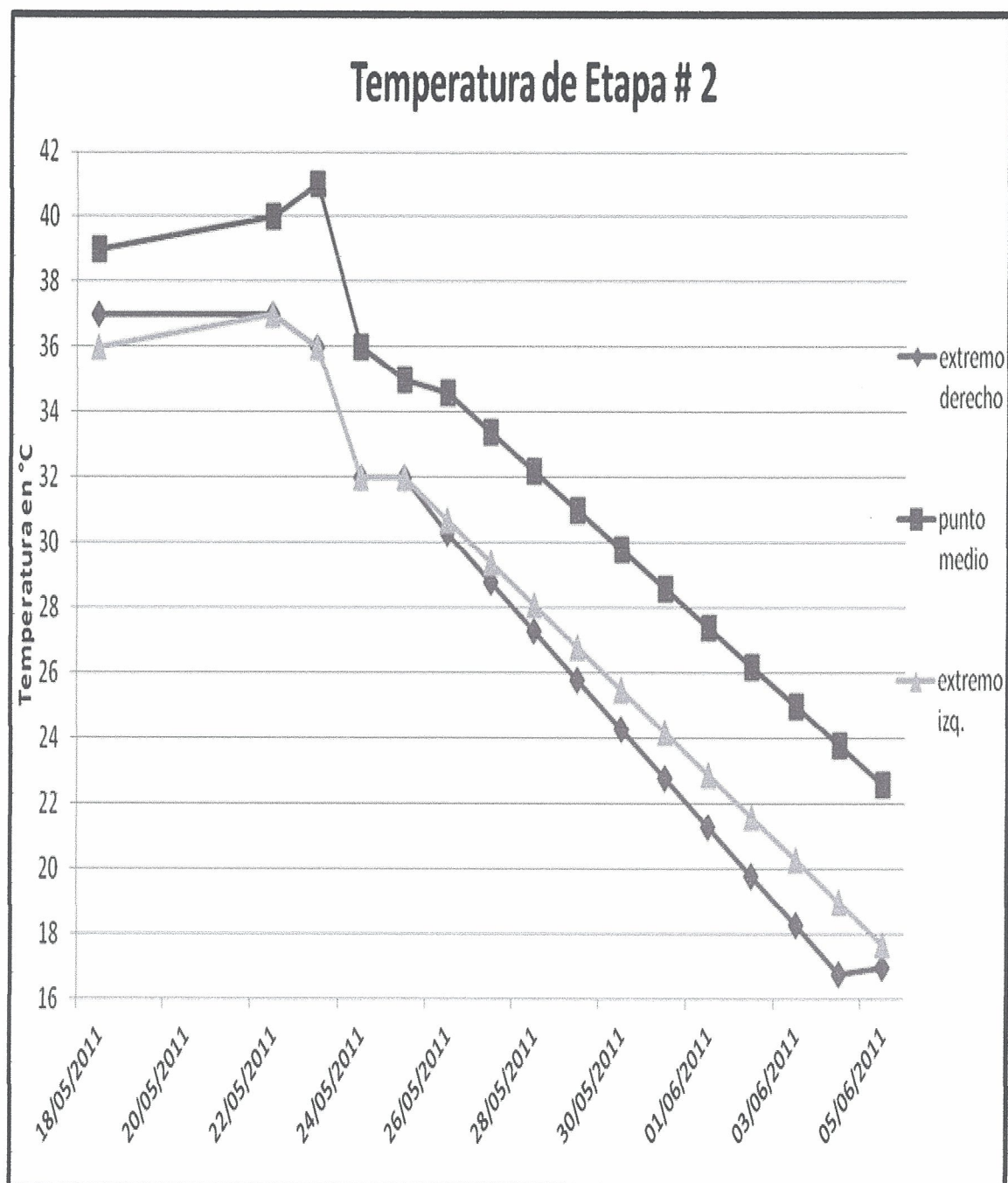


Tabla 20, Datos finales

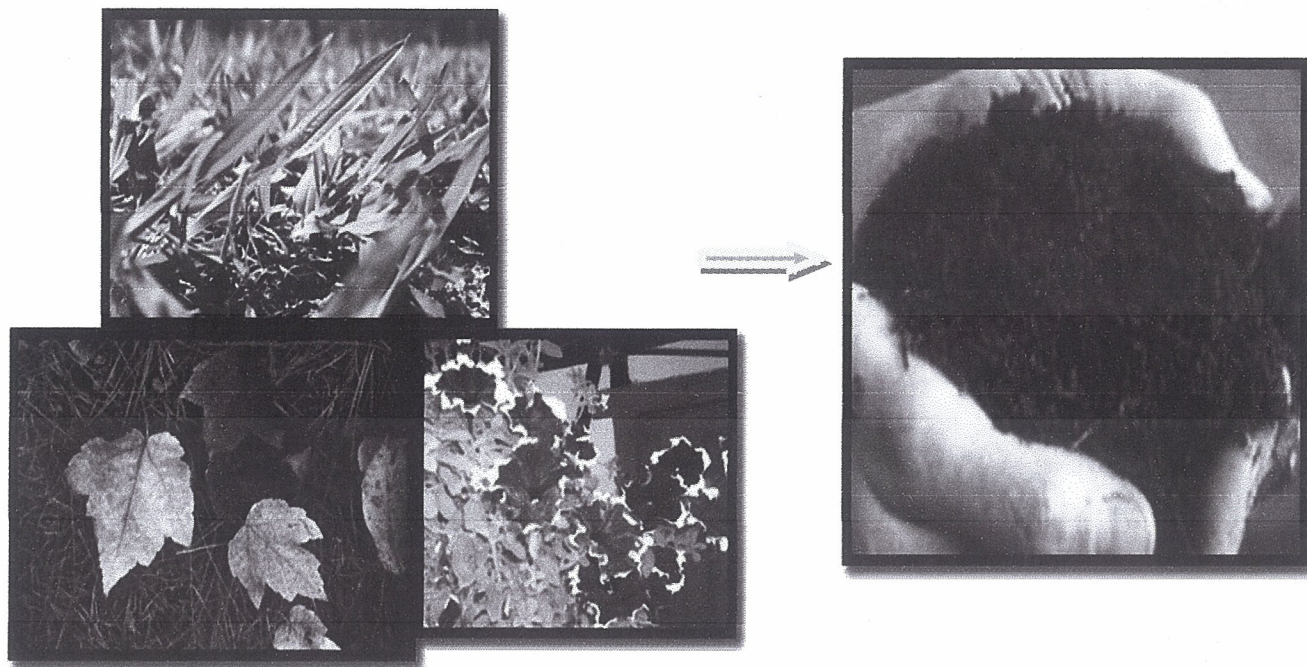
Datos al final de etapa #1 y etapa #2	
Densidad	441.5 kg/m <sup>3</sup>
Volumen*	1.42m <sup>3</sup>
Masa	626.93kg
Días para la generación de compost	65 días

\*volumen aumento respecto al volumen de la etapa #2, se debió al incremento de altura en 0.05m, a causa del vermicompost.

Tabla 21, Resultados de laboratorio vs. Compost comercial

Comparación de abono UVG vs. Abono comercial					
Parámetro	Abono UVG	Abono 1	Abono 2	Abono 3	Abono 4
pH	7.4	6.8-7.2	7.7	6.8-7.8	-
concentración de sales(C.S.)	2.41 dS/m	-	-	-	-
materia orgánica (M.O.)	61.0%	65-70%	29%	40.90%	-
relación C/N	31.6	10.0-11	15	9.6	-
Elemento	concentración				
		%			
Nitrógeno	1.93	1.5-2	5	2.31	1
fósforo	0.37	2-2.5	2	1.46	1
potasio	0.91	1-1.5	4	2.37	1
calcio	2.12	2.0-8	1	9.7	-
magnesio	0.60	1-2.5	-	1.42	-
		ppm			
boro	162.61	-	-	-	-
cobre	24.50	-	-	11	-
hierro	6800.00	-	-	8800	-
manganeso	347.50	-	-	-	-
zinc	860.00	-	-	380	-
material de abono 1,2,3,4	La información más importante que se proporciona sobre cualquier tipo de compost orgánico comercial, es la indicación de los macro nutrientes que este posee. Los nutrientes más importantes a nivel comercial son el porcentaje de Nitrógeno, Fósforo y Potasio que cada uno posee.				
abono 1:"vermicompost de gallinaza"					
abono 2:"imperata C50, Perú"					
abono 3: "lombec"					
abono 4: "biomax peat shrimp compost"					

Ilustración 44, Material final, compost



## B. Costos

Tabla 22, Materiales directos de fabricación

<b>Materiales directos de fabricación por pila</b>	<b>Q</b>
Materia prima (desechos de jardinería)	Q.00,00
Caja de guantes	Q.30,00
Caja de bolsas negras	Q.20,00
Urea	Q.08,25
<b>TOTAL</b>	<b>Q.58,25</b>

Antes de explicar la Tabla 22, es importante tomar en cuenta que la fabricación de compost toma 2.5 meses. Es decir, desde que se inicia la descomposición hasta que finaliza el proceso con la producción de abono

orgánico es necesario que transcurran 2.5 meses seguidos. Esta cantidad de tiempo podría variar dependiendo el entorno en donde sea instalado, el control de la temperatura, la humedad y la aireación determinarían el tiempo exacto necesario. Para fines de este reporte, utilizaremos 2.5 meses.

La Tabla 22, muestra que la materia prima tiene un valor de cero, pues los desechos de jardinería son considerados basura. Por lo tanto, no tiene valor monetario. Al contrario, éstos representan una carga para la Universidad, pues se requiere de un servicio de basura municipal que los recoja diariamente. Los guantes son necesarios para manipular el material de jardinería antes de triturarlos y durante su descomposición. Las bolsas negras son utilizadas para almacenar el material después de triturarlo antes y después de la descomposición. Por otro lado, la urea se utiliza para nivelar los niveles de Nitrogeno Carbono en el periodo de descomposición de la pila. Se puede considerar que los materiales directos de fabricación son realmente bajos y no representan costos elevados para el proyecto, lo cual es una gran ventaja. Es importante notar que estos costos directos de fabricación son por pila y no mensuales, por lo tanto, para fines de cálculos de costos variables de fabricación se dividió cada rubro dentro de cuatro, ya que el proceso de descomposición de la pila es de cuatro meses.

Tabla 23, Costos fijos mensuales

<b>Costos Fijos Mensuales</b>	<b>Q</b>
Área de trabajo (costo de oportunidad)	Q.88,33
Amortización del equipo	Q.94,66
Electricidad	Q.35,81
Agua	Q.10,00
<b>TOTAL</b>	<b>Q228,80</b>

**Tabla 24, Costos variables mensuales**

<b>Costos Variables Mensuales</b>	<b>Q</b>
Materiales directos de fabricación	Q. 23,30
Mano de obra a destajo	Q.100,00
<b>TOTAL</b>	<b>Q.123,30</b>

En las Tablas 23 y 24 observamos los costos fijos y variables mensuales del proyecto. Como se mencionó con anterioridad, una pila tarda 2.5 meses en finalizar su proceso. Por lo tanto para la realización de una pila completa estos costos deberán multiplicarse por 2.5 para obtener el costo total por pila producida. (Posteriormente se muestran los costos unitarios).

En los costos fijos mensuales se observa que el rubro que representa mayor parte del total es el área de trabajo. Este costo representa el costo de oportunidad del área donde está ubicada e instalada la pila. El prototipo de este megaproyecto fue instalado en el parqueo Colegio Americano de Guatemala a un costado del laboratorio de manufacturà de la UVG, justo al pasar el área de parqueos recientemente construido de la UVG. Para poder determinar el costo de oportunidad del área de aproximadamente dos metros cuadrados se tomo como referencia, por su cercanía y tamaño, el precio semestral del parqueo el cual se muestra a continuación.

Tabla 25, Costo del área de trabajo

Área de trabajo semestral	Q.530,00
Área de trabajo mensual	Q. 88,33

La Tabla 24, muestra que el costo mensual del área de trabajo asciendió a Q.88.33 quetzales. Este costo es únicamente una aproximación para poderle dar un valor numérico al costo de oportunidad de esta área. Importante notar, que actualmente el área está vacía y la Universidad no le da ningún uso, por lo tanto, este monto no representa una salida de efectivo mensual, únicamente representa el costo de oportunidad que tiene para la UVG el área de trabajo en donde esta instalado el biodigestor.

Se puede observar en la tabla 18 que el segundo rubro más representativo de los costos fijos mensuales es la depreciación del equipo. Tal y como hemos descrito con anterioridad, el biodigestor utiliza un motor que activa el soplador el cual representa la fuente de aireación de la pila, este aparato acelera el proceso de descomposición de la materia prima y le provee de una fuente continua y segura de aire al biodigestor. La función de la trituradora, es deshacer el material de jardinería en pedazos más pequeños, ideales para generar compost. Estas máquinas presentan una vida útil estimada y por lo tanto es importante calcular la amortización del equipo e incluir este valor dentro de los costos fijos mensuales. Aunque no representan una salida de efectivo mensualmente, ya que la inversión inicial ya fue hecha, la amortización tiene usos contables y financieros los cuales se amplían en el módulo que incluye el

análisis financiero de este Megaproyecto. Para calcular la amortización se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{Amortización anual del equipo} = \frac{\text{Precio del equipo}}{\text{Vida útil estimada}}$$

$$\text{Amortización mensual del equipo} = \frac{\text{Amortización anual del Equipo}}{12}$$

A continuación se presentan los datos del equipo:

Tabla 26, Amortización del equipo

Amortización anual motor	Q214,91
Amortización mensual motor	Q17,91
Vida útil motor (años)	5

Amortización anual trituradora	Q146,67
Amortización mensual trituradora	Q12,22
vida útil trituradora (años)	15

Amortización anual soplador	Q344,48
Amortización mensual triturador	Q28,71
vida útil soplador (años)	5

Como se puede observar en la Tabla 21, el soplador es la máquina que presenta la mayor amortización mensual, esto debido a que su precio (véase Tabla 2) es el más elevado y considerando una vida útil de cinco años, da como resultado 25.71 quetzales mensuales.

En cuanto al rubro de electricidad consumida durante el proyecto. Se identificó que la mayor parte del consumo eléctrico es proveniente del motor. El motor se activa 10 minutos cada hora, durante las 24 horas al día, por cuatro meses seguidos. Esto nos da un total de 4 horas diarias por 120 días, es decir, 480 horas por pila. Para calcular el consumo del motor se utilizó la siguiente información:

Tabla 27, Precio de la energía eléctrica

Precio de la energía eléctrica	
Q1,50	kw/h

Tabla 28, Consumo de energía eléctrica del motor

Consumo del motor	
0,25	HP
0,1865	kw
Factor de conversión	1HP = 0,746 KW
Tiempo de motor activado	10 min cada hora

Las especificaciones del motor indican que es de 0.25 HP, esto equivale a 0.1865 kw (utilizando el factor de conversión de 1HP=0.746KW). Para encontrar el costo de Q/hora se realizó el siguiente cálculo:

$$\text{consumo de energía (Q)} = 0.1865 \text{ kw} * 10 \text{ min} * 24 \text{ horas} * 30 \text{ días al mes} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} * \frac{1.50 \text{ Q}}{\text{kwh}}$$

Al operar esta ecuación obtenemos un resultado de Q35.81 (ver Tabla 8) como costo mensual de electricidad. Este es el consumo del motor, sin embargo también es importante considera el consumo de la trituradora. Para realizarlo se utilizó el mismo procedimiento anterior y obtenemos que el consumo de energía por pila debido a la trituradora es de Q.5.6 por pila. Como se ha mencionado, para realizar una pila completa se necesitan 2.5 meses, por lo tanto el costo de electricidad total por pila sería de Q.89.53.

En la Tabla18, observamos que los costos variables son los materiales directos de fabricación y la mano de obra a destajo. Se consideró que lo más apropiado era contratar a un operario cuya remuneración fuera a destajo ya que el tiempo requerido de trabajo semanal depende del número de pilas que estén instaladas y de la etapa de descomposición en la que se encuentra, por lo tanto podría variar. Por lo tanto el costo variables es de Q100 quetzales mensuales, esto quiere decir que se le estaría pagando Q250 por pila (considerando los dos meses y medio de descomposición). Si se desglosan sería Q.25 quetzales semanales por mover la pila tres veces a la semana durante diez minutos, triturar el material inicial y asegurarse que el área de trabajo se encuentre en las condiciones adecuadas durante los cuatro meses. En algunas etapas de la descomposición, será necesario mover el material de pila con mayor frecuencia (sobre todo en la etapa inicial) y posteriormente será con menor frecuencia.

Tabla 29, Costos unitarios

<b>Costos fijos por pila</b>	
Área de trabajo (costo de oportunidad)	Q.220.83
Amortización del equipo	Q.236.64
Electricidad	Q. 89.53
Agua	Q. 25.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q.572.00</b>

<b>Costos variables por pila</b>	
Materiales directos de fabricación	Q. 58.25
Mano de obra a destajo	Q250.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q308.25</b>

<b>Costo total unitario</b>	<b>Q880.25</b>
-----------------------------	----------------

Por último se procedió a calcular el costo total unitario. En este caso nuestra unidad es una pila completa desde el proceso inicial de descomposición hasta que se obtiene compost. Para esto se consideraron los costos fijos y variables mensuales y se multiplicó por 2.5 para obtener el costo total unitario. La inversión inicial y costos de directos de fabricación se calcularon por pila y no mensualmente. Se puede observar en la tabla 6 que el costo total unitario es la suma de los costos variables y fijos por pila, lo cual nos da un valor de aproximadamente Q.880.25 quetzales por pila.

## VIII. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

La simplicidad de ambos sistemas de ventilación y la durabilidad de sus materiales y equipo conllevan a costos de mantenimiento reducidos. El equipo por el cual se debe velar que esté en óptimas condiciones es el motor, soplador y la tubería.

Para el motor, es importante que no trabaje directamente a la intemperie para evitar problemas de oxidación en las partes móviles y sobre todo que pueda haber un problema eléctrico por la lluvia. Los cojinetes deben revisarse después de 5000-7000 horas de uso prolongado según lo especificado por el fabricante y cambiarse cada 3 años.

El soplador debe permanecer libre de oxidación y sobre todo evitar que succione en lugares donde el aire pueda contener cuerpos extraños de gran tamaño que puedan dañar las aspas del mismo, revisar y engrasar las partes móviles cada seis meses, en caso de utilizarse en espacios abiertos y en condiciones muy húmedas o secas.

La tubería debe mantenerse libre de todo tipo de suciedad ya sea con el aire que fluye a través de ella o que pueda ingresar por los agujeros de ventilación. Dado que el tubo principal se introduce en la materia de descomposición, algunos de los agujeros se tapan debido a la humedad y a la materia que se adhiere a los mismos. Se recomienda utilizar algún tipo de medio para que los agujeros no sean obstruidos con la materia (malla o cedazo) y así programar ciclos de limpieza más prolongados. Cada seis meses se recomienda revisar el sistema para evitar cualquier inconveniente que se pueda presentar, a modo de prevenir una falla mayor que provoque costos de reparación elevados.

Los equipos deben mantenerse limpios para asegurar su óptimo funcionamiento. La limpieza se programa dependiendo del uso que se dé al equipo, no excediendo el mismo por lo menos una vez a la semana. Otro factor

fundamental radica en mantener disponible repuestos para los motores, principalmente los rodamientos, esenciales para mantener el motor funcionando efectivamente.

Para llevar un control del mantenimiento periódico que se realiza en el sistema, se procedió a crear una hoja en la cual se apuntan todos los datos y observaciones que el operario que realice la inspección de rutina crea conveniente. Este tipo de herramienta se utiliza con frecuencia en las industrias y se aplica a todo tipo de equipo y maquinaria, ya que provee un control por escrito del mantenimiento y ayuda a evitar fallas que puedan darse por falta del mismo.

Tabla 30, Control de mantenimiento

Control de mantenimiento:

Equipo	Motor	Soplador	Tubería	Timer	General
Fecha de revisión					
Tipo de servicio					
Observaciones					
Repuestos					
Próximo servicio					
Nombre operario					
Fecha de revisión					
Tipo de servicio					
Observaciones					
Repuestos					
Próximo servicio					
Nombre operario					
Fecha de revisión					
Tipo de servicio					
Observaciones					
Repuestos					
Próximo servicio					
Nombre operario					

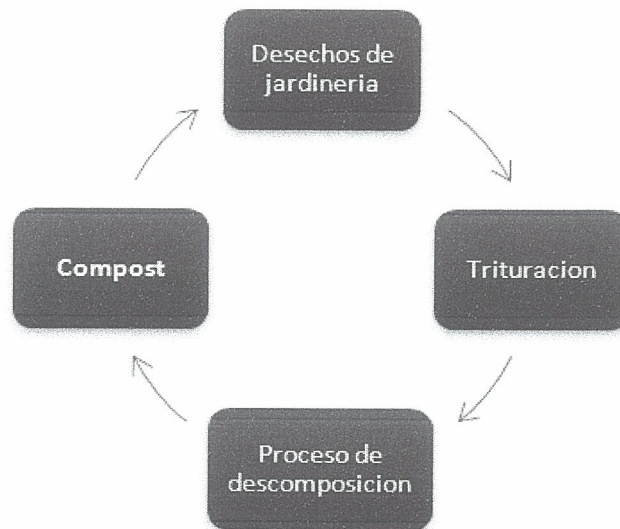
## IX. FLUJO SEMI CONTINUO DE PRODUCCIÓN DE ABONO

### A. Generalidades de la propuesta

Actualmente la UVG utiliza tierra negra como abono para las áreas verdes disponibles dentro de sus instalaciones.

El plan de flujo semi continuo de producción de abono propuesto a continuación, consiste en producir abono orgánico durante todo el año con desechos de jardinería generados por la Universidad y llegar a satisfacer totalmente o parcialmente la demanda de abono en que requiere la UVG actualmente.

Ilustración 45, Ciclo del compostaje



Es importante tomar en cuenta que esta propuesta es un proceso semi continuo ya que la oferta de desechos de jardinería varía dependiendo la estación del año

en la que se encuentre la producción, así como también la cantidad de lluvia, cambios climáticos, y otros factores ambientales que pueden ocasionar diferencias en los resultados. Por lo tanto, la producción podría variar dependiendo de los factores climáticos.

Para plantear este método semi continuo de producción de abono orgánico debe considerarse que el volumen de desechos de jardinería producido en verano es completamente diferente al de invierno. Por lo tanto, este plan se divide en dos módulos de producción separados y la suma de ambos hace el total de compost anual.

Para fines de este reporte, no utilizaremos los términos verano e invierno, ya que esas temporadas no están drásticamente marcadas en Guatemala, por lo tanto, utilizaremos la siguiente notación:

- Temporada A: enero a junio
- Temporada B: julio a diciembre

## B. Suposiciones

Antes de explicar el planteamiento de esta propuesta de plan de producción anual de compost, se debe establecer ciertas suposiciones a las que está sujeto este modelo. Estas suposiciones están basadas en el proyecto piloto realizado por este Megaproyecto, y considera todos los aspectos positivos observados durante la realización del mismo, así como también propone mejoras que facilitan la fabricación.

1. **Suposiciones del modelo.** El tiempo estimado de descomposición del material de jardinería para convertirse en compost utilizando el prototipo de biodigestor que propone este Megaproyecto es de dos meses y medio. Durante este tiempo el material puede degradarse por completo bajo las condiciones climáticas y ambientales favorables que lo rodeen y con un control estricto de las tres variables críticas que determinan un buen compost (temperatura, humedad y aireación).

La descomposición del material se lleva a cabo en un biodigestor igual al que fue diseñado para este Megaproyecto. Ver módulos de ingeniería mecánica de este Megaproyecto en donde se detalla el diseño y funcionamiento de dicho biodigestor.

El contenido del material de desechos de jardinería utilizado debe ser por lo menos 80% verde. Es decir, antes de triturar los desechos de jardinería recolectados para fabricar compost, se debe de asegurar que los desechos cuyas características no sean verdes (hojas secas, troncos, etc) sean descartados del proceso. Únicamente podría considerarse como tolerable un 15% de desechos no verdes dentro del material triturado. Se sugiere intentar minimizar este porcentaje y descartar todo material seco, esto permitirá tener mejores resultados y se verá reflejado en la calidad del compost y en el tiempo de descomposición de la materia prima. Sin embargo, debido a que el proceso de recolección de materia verde y el proceso de trituración se realiza de forma manual, en ocasiones se convierte en una actividad tediosa y resulta complicado sacar todo el material seco, por lo tanto este modelo considera como tolerable un máximo de 10% de material seco dentro del total de material de desechos óptimo para la descomposición. De lo contrario, la cantidad generada de compost será mucho menor a la esperada.

La consistencia de los desechos de jardinería recolectados para la fabricación de compost, no debería estar mojado. Al momento de la recolección, debe asegurarse que el material presente las condiciones de humedad normales y evitar el exceso de agua. Para este modelo, se necesita recolectar por varios

días desechos de jardinería antes de montar el biodigestor completo, por lo tanto el tiempo que la materia prima está almacenada antes de que empiece su descomposición dentro del biodigestor, debe permanecer en un ambiente cerrado para evitar que se moje, además el ambiente debe de presentar suficiente aire y estar libre de humedad.

Únicamente el 30% de la cantidad de desechos de jardinería que sean apilados al inicio del proceso de descomposición se convertirán en abono. La relación entre la cantidad de materia prima inicial (en m<sup>3</sup>) y la cantidad de compost generado al finalizar la degradación es de 0.5 Este es un escenario pesimista, y se utilizó este factor, ya que se pretende mostrar la cantidad mínima de compost que podría ser generada. Esto nos permitirá encontrar el ahorro mínimo, es decir, lo menos que la UVG podría ahorrarse utilizando este modelo.

2. **Desechos de jardinería generados por la UVG.** Se llevó a cabo un estudio de los desechos de jardinería generados por la UVG tanto en temporada A como temporada B. Los resultados presentados a continuación son los datos obtenidos de la investigación de desechos de jardinería generados por la UVG durante julio a diciembre de 2010 y enero a junio de 2011. Este estudio estuvo a cargo de las alumnas de los módulos de ingeniería industrial, quienes diariamente realizaron estas mediciones y pudieron ver de cerca el manejo de desechos de basura dentro de la Universidad.

Tabla 31, Cantidad de bolsas de desechos de jardinería generados

Por la UVG durante la temporada A y B

Cantidad de bolsas de desechos de jardinería	
Enero a junio	95
Julio a diciembre	129
Total anual	224

En la Tabla 26, se observa que en promedio, la temporada B produce 45% más de desechos de jardinería que en la temporada A. Esto es porque las condiciones climatológicas de la temporada favorecen las áreas verdes y la generación de más y mejor vegetación dentro de la UVG.

Tabla 32, Peso promedio bolsa de materia prima

Peso promedio bolsa con desechos de jardinería (libras)	18,5
---	------

Para el cálculo de este promedio se pesó en la misma báscula por tres meses seguidos una bolsa diaria de desechos de jardinería generada en la UVG. Es decir, tomo en cuenta 65 bolsas negras de materia prima.

Tabla 33, Resumen por temporada de la productividad de Desechos de jardinería generados por la UVG

Temporada del año	Numero de bolsas disponibles	Libras totales de desechos de jardinería	Kg totales de desechos de jardinería	Producción Total (m <sup>3</sup> )	Producción mensual (m <sup>3</sup> )	Producción fuente externa (m <sup>3</sup> )	Total
Temporada baja	95.00	1,757.50	797.19	4.05	0.68	0.67	1.35
Temporada alta	129.00	2,386.50	1,082.50	5.50	0.92	0.43	1.35
<b>Total anual</b>	<b>224.00</b>	<b>4,144.00</b>	<b>1,879.69</b>	<b>9.55</b>	<b>1.59</b>	<b>1.11</b>	

La Tabla 28 muestra las libras totales de desechos de jardinería generadas en cada temporada del año. Además, también se puede observar el volumen total y mensual de materia prima en condiciones óptimas que se genera por temporada dentro de la UVG. Se observa que anualmente la UVG genera 9.55 metros cúbicos de desechos de jardinería. El volumen se utilizará para determinar el tamaño óptimo del biodigestor, en este caso se utilizó un tamaño de pila óptimo de 1.35 metros cúbicos. Para cubrir esta demanda, se requiere una fuente externa de desechos que complemente el 1.35 metros cúbicos y formar una pila mensual. Para expandir el tema de la importancia de la relación del tamaño de la pila y la calidad de abono que genera, ver los informes de los módulos de ingeniería mecánica de este Megaproyecto. Para fines de conversión de unidades se consideró lo siguiente:

Tabla 34, Factores de conversión

1 Libra =	0,4535923 kg
-----------	--------------

Densidad desechos de jardinería (kg/m <sup>3</sup> )	20,55 kg/m <sup>3</sup>
--	-------------------------

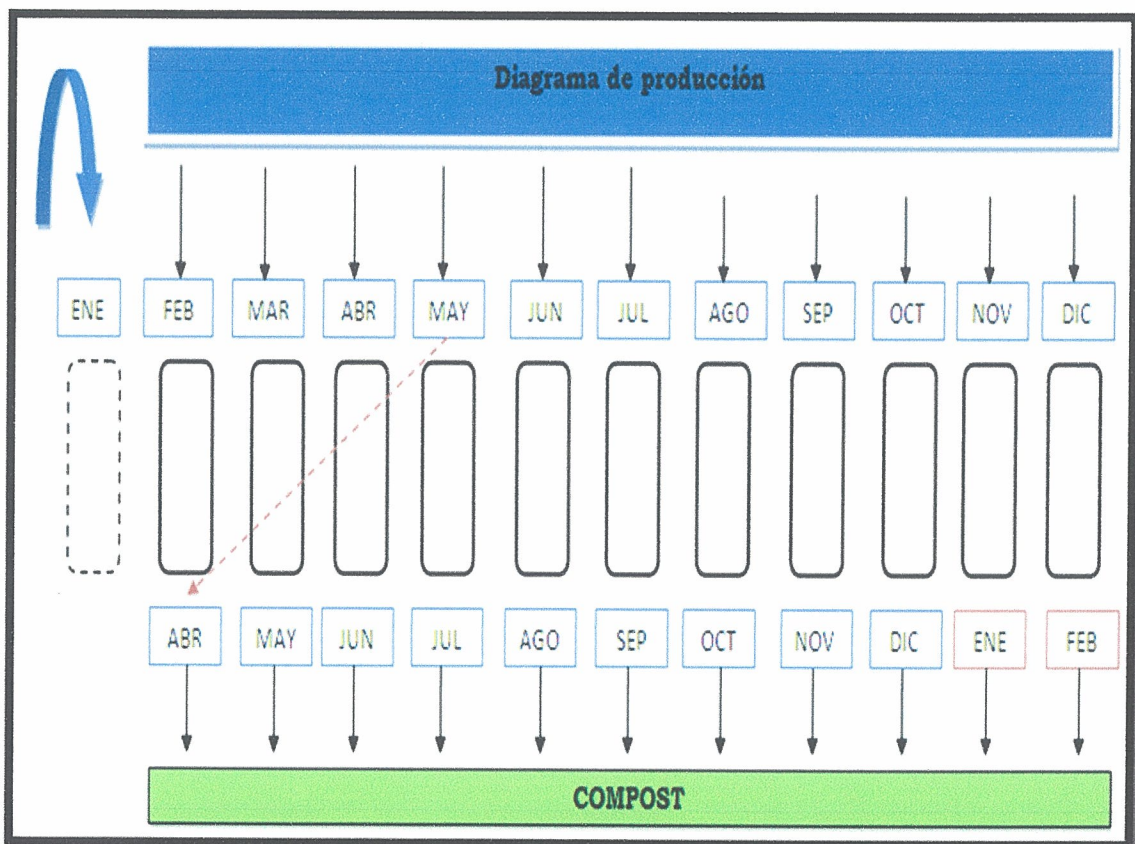
La densidad de los desechos de jardinería fue medida en un laboratorio de ingeniería química antes de ser triturado y se tomo una muestra aleatoria de una bolsa de negra de materia prima. Esta podría presentar variaciones dependiendo de las condiciones en las que se encuentre el material, en este caso la materia prima se encontraba en condiciones optimas y listo para iniciar el proceso de descomposición.

$$densidad = \frac{masa}{Volumen}$$

La densidad es la relación entre masa y volumen, por lo tanto en la Tabla 13 se pudo calcular el valor del volumen mensual en  $m^3$  utilizando esta relación.

3. **Producción Anual.** Para la explicación de este modelo semi-continuo de producción de abono orgánico, se muestra un diagrama que ilustra el comportamiento del ciclo anual, se supondrá que se inicia en el año uno, en el mes de enero y termina en el mes de marzo del año dos.

Ilustración 46, Ciclo anual de producción



Según el diagrama del proceso de producción anual de compost, se muestra el mes de enero del año uno, como una pila cuyo contorno es una línea punteada. Esto es, porque durante este mes únicamente se estará recolectando material de jardinería (temporada de recolección, aún no ha iniciado la descomposición de ninguna pila). Como se mencionó con anterioridad, se necesita un mes para recaudar lo necesario para montar un pila completa (véase Tabla 15), por lo tanto durante este mes, únicamente se realizará el proceso de recolección y trituración del material. Al iniciar el mes de febrero, se contará con la suficiente cantidad de desechos para que la materia prima que se encuentra en una pila ya montada pueda iniciar el proceso de descomposición. Esta materia prima comienza a degradarse en febrero y finaliza el proceso de descomposición dando como resultado compost a mediados del mes de abril (el proceso de descomposición dura 2.5 meses). Así finaliza el proceso generación de compost de una pila. Sin embargo, debido a la oferta de desechos de jardinera, se pueden tener varias pilas simultáneamente funcionando, para poder obtener suficiente cantidad de abono anualmente.

La segunda y tercer pila son instaladas en el mes de marzo y abril en áreas separadas. Esto quiere decir que se tendrán tres áreas ocupadas simultáneamente, cada pila instalada en un área de trabajo diferente al mismo tiempo. La primera pila estará lista a mediados de abril, sin embargo la pila que corresponde instalar en abril ya fue instalada a principios de ese mismo mes en su propia área de trabajo. Por lo tanto el área de trabajo donde estuvo la primera pila estará disponible a partir de mediados de abril. Sin embargo, esta área será nuevamente utilizada hasta el mes de mayo, en donde se instalará la cuarta pila. Estos quince días disponibles se utilizarán para limpiar el área de trabajo, darle mantenimiento a la maquinaria, y servirán en algunos casos como tiempo adicional disponible en caso de que la pila necesite una o dos semana más para finalizar su descomposición.

Por lo tanto a mediados de abril es instalada en ese mismo lugar la pila que saldrá a finales de junio. Así mismo, la pila que fue instalada en marzo

finalizará a mediados de abril y ahí mismo se instalara una que saldrá a finales de junio. Las dos líneas punteadas ilustran esta explicación.

Tal y como se mencionó en las suposiciones de este plan semi continuo de producción, el diagrama representa la producción de abono en condiciones ideales. Sin embargo, aplicado a la realidad, se debe de tomar en cuenta que este es un proceso completamente natural, y que las variables externas que lo afectan puede hacer que los resultados varíen significativamente, especialmente las condiciones climatológicas del año puede hacer que varíe hasta en un 50% los resultados. Por lo tanto, existirán años en donde la producción de abono sea tan buena, que no se necesite adquirir otro tipo de abono, pues lo generado será suficiente para cubrir las necesidades de la Universidad, y habrá otros años en donde se necesite complementar con otro tipo de abono.

Este modelo, ejemplifica el ciclo de producción basado en la información recopilada durante el tiempo en que se trabajo este Megaproyecto, sin embargo está sujeto a los cambios climáticos y condiciones ambientales que presente cada año.

Tabla 35, Resultados esperados

	Cantidad de compost generado por pila (m <sup>3</sup> )	m3 de compost (año 1)	m3 de compost (a partir año 2)	kg de compost por pila
<b><i>Enero a diciembre</i></b>	0.72	7.2	<b>8.6</b>	315.9

La Tabla 30, muestra los resultados esperados del modelo planteado bajo condiciones ideales. Generalmente la cantidad de compost generada por pila es entre el 30% y el 50% de la materia prima ingresada. Para fines de esta propuesta, se utilizó que únicamente el 53% de lo que ingresa se convierte en abono. Se puede observar que anualmente se obtiene aproximadamente 7.2 m<sup>3</sup> de compost durante el primer año, y 8 a partir del segundo año.

La Tabla 30 muestra resultados aproximados, para poder convertir los metros cúbicos a kilogramos se tomó de referencia una densidad basada en los niveles de humedad del compost. Estos datos pueden verse significativamente afectados por la variación de la densidad del compost. Para fines de este trabajo se utilizó una densidad promedio. La información que se muestra en la siguiente tabla es la densidad utilizada para convertir los kilogramos de compost a metros cúbicos.

Tabla 36, Densidad del compost

Densidad aproximada del compost	441.4 kg/m <sup>3</sup>
---------------------------------------	-------------------------

Según Peter J. Stoffella, quien publicó el libro *Utilización de compost en los sistemas de cultivo hortícola*, la densidad o peso de la unidad de volumen del compost está afectado por el contenido de humedad de materia inorgánica, distribución del tamaño de las partículas y el grado de descomposición.

La mayor parte del compost con un contenido de humedad real del 35-55% tendrá una densidad aparente de entre 250 y 500 kg/m<sup>3</sup>.

Mientras mayor sea el valor de la densidad del compost, mas libras de compost serán generados anualmente. Se decidió tomar de referencia un valor de 300kg/m<sup>3</sup> para representar un escenario neutral, que no conduzca a presentar datos inflados que no reflejen la realidad.

### C. Actividades del proceso

El plan semi continuo de producción descrito en la sección anterior consta de 11 actividades fundamentales. El diagrama de proceso se incluye en el

módulo de Análisis Financiero de este megaproyecto (ver Imagen 16 y 17 de dicho módulo). A continuación se describen las 11 actividades fundamentales:

Tabla 37, Actividades fundamentales del proceso

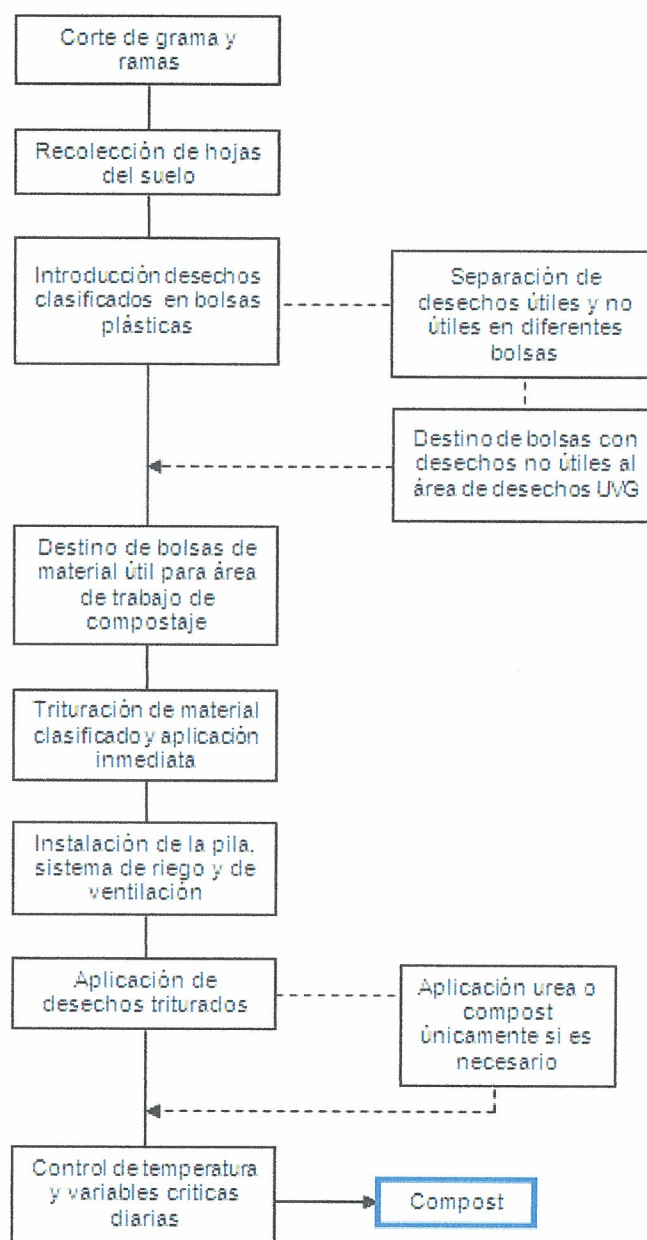
No	Actividad	Duración	Frecuencia	Responsable
1	Corte de grama, poda de árboles, mantenimiento general de áreas verdes	Variable	Semanal	Dpto. de Mantenimiento UVG
2	Recolección de hojas	Variable	Semanal	Dpto. de Mantenimiento UVG
3	Introducción de desechos en bolsas plásticas (clasificar desechos)	30 min	Semanal	Dpto. de Mantenimiento UVG
4	Traslado de desechos al área de trabajo de compostaje	15min	Semanal	Dpto. de Mantenimiento UVG
5	Trituración del material	20 min por bolsa	Durante el mes de recolección de material	Operario / Jardinero encargado del compostaje
6	Instalación de la pila sistema de y ventilación	1 día	cada mes	Operario / Jardinero encargado del compostaje
7	Aplicación de los desechos triturados	10 min	Semanal	Operario / Jardinero encargado del compostaje
8	Control variables críticas	10 min	Diario	Operario / Jardinero encargado del compostaje
9	Volteo	60 min	Cuando la T disminuya	Operario / Jardinero encargado del compostaje
10	Recolección del compost	60 min	Al finalizar la descomposición	Operario / Jardinero encargado del compostaje
11	Limpieza del área de trabajo después del compost	30 min	Al finalizar la descomposición	Dpto. de Mantenimiento UVG

La tabla anterior muestra las once actividades esenciales que requiere el proceso de compostaje propuesto. Esta tabla incluye tiempos de actividades individuales y no acumuladas. Por ejemplo, si se observa la actividad 5, indica que se tarda 20 minutos en triturar cada bolsa, sin embargo para una pila son necesarias 11 bolsas de desechos triturados. Por lo tanto en total serian 4 horas por pila.

En la quinta columna encontramos el responsable de cada actividad. Es importante notar que la ejecución completa de esta propuesta estaría bajo la responsabilidad del Departamento de Mantenimiento, ya que este departamento tiene a su cargo a todos los jardineros que actualmente trabajan en la UVG. Por lo tanto, cuando en la tabla anterior se menciona que el responsable es el Departamento de Mantenimiento se refiere a que ésta es una actividad que ya es parte de las responsabilidades de dicho Departamento, por lo tanto seguirá siendo parte de sus actividades. Por otro lado, cuando se menciona que el responsable es un jardinero u operario, se refiere a que el Departamento de Mantenimiento tendría que designar a una persona específica para que realice estas operaciones, ya que actualmente nadie las realiza.

## D. Diagrama de actividades de la propuesta mejorada de recolección de desechos

Ilustración 47, Diagrama de flujo de propuesta mejorada para recolección de desechos



## E. Beneficio económico y ambiental

1. Oportunidades de ahorro. En la sección anterior, se mencionó que la demanda de abono en la universidad es actualmente de  $18\text{m}^3$  de tierra negra semestralmente.

En la sección previa, se describe la propuesta de ejecutar un plan semi continuo de producción de abono para cubrir la demanda de abono que requiere UVG y hacer que los desechos de jardinería dejen de ser considerados basura y se conviertan en algo de auto beneficio. A continuación se calcula el beneficio económico:

Tabla 38, Oportunidad de ahorro

<b>Oportunidad de ahorro</b>	
Demanda de abono anual	$36\text{ m}^3$
Compost generados anualmente	$8.6\text{ m}^3$
Gasto anual de abono (actual)	Q. 5,760
Ahorro anual Q. (implementando el flujo de producción)	Q1,376
Porcentaje cubierto de la demanda	24%

La Tabla 38 muestra el beneficio económico que podría tener el plan semi continuo de producción propuesto en la sección anterior. Estos cálculos son aproximados, y pueden variar significativamente dependiendo de la cantidad de abono que se genere mensualmente. Anualmente el beneficio en metros cúbicos sería de aproximadamente  $8.6\text{m}^3$ , es decir, en lugar de comprar  $36\text{m}^3$  anuales, la UVG debería de comprar únicamente  $27.4\text{ m}^3$  para complementar la cantidad de

abono que requiere anualmente. Este compost generado representa un ahorro de Q1,376 anualmente, ahorrando así un 24% del gasto actual de abono.

2. **Otros beneficios.** A simple vista, podría pensarse que este ahorro no es representativo, sin embargo, ese es únicamente el beneficio económico que generaría la producción de compost. Producir abono tiene otros muchos beneficios, que aunque no son económicos, tienen repercusiones mayores:

Fabricar compost contribuye a la reducción de volumen y peso total de los residuos generados a nivel nacional y que son acumulados y/o incinerados en basureros municipales o barrancos abandonados.

La UVG sería pionera en implementar un proyecto de alto impacto en el tema de la reutilización de desechos de jardinería, ya que actualmente ninguna universidad re utiliza este tipo residuos. Esto afianzaría la posición de la UVG como la universidad líder en proyectos ecológicos que consideran la conservación del medio ambiente.

La implementación de este proyecto podría ser el gancho para obtener financiamiento o apoyo de organizaciones que apoyan la conservación ambiental y así poder implementar otros proyectos verdes de mayor impacto.

En el largo plazo, se podría replicar esta metodología en todos los centros educativos de Grupo Educativo del Valle, implementando así una cultura de reciclaje y sustituir por completo la compra de abono por un compost producido en las mismas instalaciones.

## X. OPORTUNIDADES DE MERCADO

(Colaboración por Mariandrè Massanet)

### A. Mercado de abono orgánico fuera de la UVG (Competencia)

Tabla 39, Empresas que producen abono orgánico en Guatemala	
 <p><b>EL PARAISO</b> Abono Orgánico</p>	<p><b>EL PARAISO: Productos Avícolas, S. A.</b></p> <p><b>Ubicación:</b> Km. 27.5 Carretera al Pacífico, Aldea Las Trojes, Amatitlán, Guatemala.</p> <p><b>Teléfonos:</b> -48381 6628, 55224770</p> <p><b>Email:</b> <a href="mailto:elparaiso@granjazul.com">elparaiso@granjazul.com</a></p> <p><b>Web:</b> <a href="http://www.granjazul.com">www.granjazul.com</a></p>
 <p><b>BYEARTH.com</b></p>	<p><b>BYOEARTH: Lombricultura</b></p> <p><b>Ubicación:</b> Quetzaltenango, Guatemala.</p> <p><b>Teléfonos:</b> 4219 5539, 2333-4160</p> <p><b>Email:</b> <a href="mailto:maria@byoearth.com">maria@byoearth.com</a></p> <p><b>Web:</b> <a href="http://wwwbyoearth.com">wwwbyoearth.com</a></p>
 <p><b>AGRODISA</b></p>	<p><b>AGRODISA: Distribuidora Agrícola e Industrial</b></p> <p><b>Ubicación 1:</b> Barberena, Santa Rosa, Km. 53 Carretera Salvador, sobre calle principal.</p> <p><b>Ubicación 2:</b> Carretera Salvador, Km. 14 Puerta Parada</p> <p><b>Teléfonos:</b> 5819-5450, 6634-1915</p> <p><b>Email:</b> <a href="mailto:agrodisa@gmail.com">agrodisa@gmail.com</a></p>

<p>Continuación Tabla 39</p> <p>Empresas que producen abono orgánico en Guatemala</p>	
	<p><b>FERTIORGÁNICO</b></p> <p><b>Teléfonos:</b> 7839-5675, 5517-5430</p> <p><b>Email:</b> <a href="mailto:fertiorganico@hotmail.com">fertiorganico@hotmail.com</a></p>
	<p><b>BIO-COFYA</b></p> <p><b>Ubicación:</b> Km. 16 Carretera al Pacífico, Villa Nueva</p> <p><b>Teléfono:</b> 6636-4150, 6636-6189</p> <p><b>Email:</b> <a href="mailto:ventas@bicofya.com">ventas@bicofya.com</a></p>
	<p><b>FERTICONSA</b></p> <p><b>Ubicación:</b> Km. 14 Ruta al Pacífico, Guatemala, C. A.</p> <p><b>Teléfono:</b> 2421-8600</p>

<p>Continuación Tabla 39</p> <p>Empresas que producen abono orgánico en Guatemala</p>	
	<p><b>FERTIORGÁNICO</b></p> <p><b>Teléfonos:</b> 7839-5675, 5517-5430</p> <p><b>Email:</b> <a href="mailto:fertiorganico@hotmail.com">fertiorganico@hotmail.com</a></p>
	<p><b>BIO-COFYA</b></p> <p><b>Ubicación:</b> Km. 16 Carretera al Pacífico, Villa Nueva</p> <p><b>Teléfono:</b> 6636-4150, 6636-6189</p> <p><b>Email:</b> <a href="mailto:ventas@bicofya.com">ventas@bicofya.com</a></p>
	<p><b>FERTICONSA</b></p> <p><b>Ubicación:</b> Km. 14 Ruta al Pacífico, Guatemala, C. A.</p> <p><b>Teléfono:</b> 2421-8600</p>

Continuación Tabla 39	
Empresas que producen abono orgánico en Guatemala	
	<p><b>ALGAENZIMS: Potenciador Orgánico</b></p> <p><b>Ubicación:</b> 9ª. Avenida 45-10, zona 12 Colonia Monte María III</p> <p><b>Teléfono:</b> 2477-2348, 2479-1437</p> <p><b>Email:</b> ventas@agricolasanantonio.com</p>
	<p><b>MARKETING ARM GUATEMALA, S.A.</b></p> <p><b>Ubicación:</b> 8ª. Calle 19-63, zona 11 Colonia El Mirador I, Guatemala C.A.</p> <p><b>Teléfono:</b> 2477-3663</p> <p><b>Web:</b> www.marketingarm.com</p>
<p><b>ABONO BOKASHI</b></p>	<p><b>ABONO BOKASHI</b></p> <p><b>Ubicación:</b> El Novillero, Sololá</p> <p><b>Teléfonos:</b> 5704-2650, 5368-6695</p>

## B. Características de abono orgánico en el mercado externo

1. Características del producto que ofrecen las empresas de mayor competencia, en cuanto a la producción de compost. Las siguientes empresas que se mencionan son las que tienen mayor volumen de ventas y las que ofrecen conocimiento de su producto. Se excluyeron las demás empresas que producen compost, y por eso se enlistan las que serían de mayor competencia para el abono orgánico de la UVG.

Cabe mencionar que algunas de las empresas producen abono orgánico con el método de lombricultura. El cual es un método a base de lombrices, donde al degradar la materia dan como resultado el abono orgánico. Las lombrices son usadas como herramienta para reciclar la materia orgánica, para obtener fertilizante, corrector de suelo, y estimulante para el desarrollo de las plantas.

Las características de las lombrices son: de cuerpo alargado, son blancas al nacer, luego se ponen rosadas y de último rojas. En la última fase donde se vuelven rojas, es cuando están en condiciones de aparearse. Se encuentran aproximadamente a 50 centímetros del suelo, digiere partículas en descomposición y se eleva a la superficie a expulsar excreciones, lo que ayuda como nutrientes para el suelo. Las lombrices pueden llegar a vivir hasta 16 años y su población se puede duplicar cada 60 días.

EL PARAÍSO: Productos Avícolas, S.A.

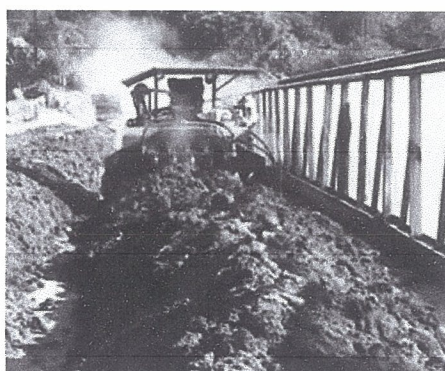


Productos Avícolas S.A., es una empresa que cuenta con la representación de tres marcas: GRANJA AZUL (Huevos Granja Azul), LARRO MIX (Alimento Balanceado, programa de alimentación para pollo de engorde), EL PARAISO (Abono Orgánico). Tanto el proceso de producción como el producto final cuenta con las licencias sanitarias necesarias nacionalmente y las certificación de calidad exigidas a nivel internacional.

Ilustración 48, Producción de abono orgánico de El Paraiso



Ilustración 49, Producción de abono orgánico a base de gallinaza



EL PARAISO es una marca registrada de Productos Avícolas S.A. para la venta de Abono Orgánico, la cual mejora las propiedades físicas del suelo. El

abono orgánico que producen es a base del compostaje de gallinaza, el cual es bastante común en las granjas agrícolas.

Gallinaza es estiércol procesado de gallina que se utiliza como compost, para las industrias ganaderas o agropecuarias, debido a su riqueza en proteína y nutrientes. Este tipo de compost tiene un buen nivel de nitrógeno, carbono, fosforo y potasio, lo que permite que asimilen los nutrientes con lo que se alimentan.

Byoearth fue fundado en el 2007 con el objetivo de eliminar la pobreza en el área rural. El proceso es similar al del compostaje, pero además también contiene el sistema digestivo de la lombriz para la descomposición de los desechos. El producto mejora las características del suelo, de las plantas y cultivos.

Ilustración 50, Producto para la venta de compost



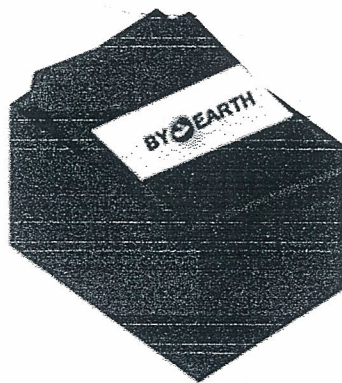
Producto a base de hierbas sembradas por comunidades rurales de occidente, desarrolladas con productos orgánicos y sembradas en lombricompost. La maceta incluye: cilantro silvestre, hierba buena, menta, albahaca, romero, tomillo y otras.

Ilustración 51, Producto de complemento para la aplicación de compost



Kit Urbano: consiste en un kilo de lombrices en una caja para producir abono orgánico desde casa. Incluye un manual de lombricultura con todos los detalles necesarios para iniciar la lombricultura en un ambiente domestico.

Ilustración 52, Producto completo con instrucciones para producir compost



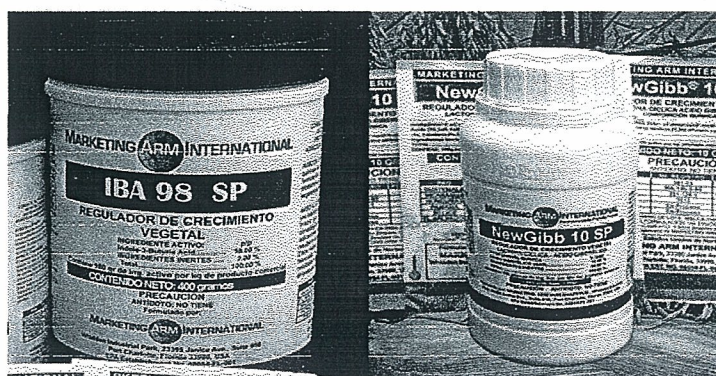
Lombrices: lombrices rojas "Californianas". El precio es por kilo y cada kilo contiene 2,500 lombrices adultas.

Marketing Arm International es conocido por los productos de alto rendimiento que se distribuyen a los mercados agrícolas en varios países del mundo. El mercado objetivo son los agricultores, agrónomos y los dueños de

casa, en programas de manejo de plagas para proteger la salud de la planta. Algunos productos son:

- Insecticidas biológicos y botánicos aprobados para el cultivo ecológico.
- Bactericidas orgánicos y botánicos y fungicidas que también están aprobados para el cultivo ecológico.
- Nematicidas orgánicos que sirven de reguladores para el crecimiento vegetal natural.
- Herbicidas.
- Productos para control de insectos.
- Una línea de Bio-estimulantes que mejora las deficiencias nutricionales de las plantas.

Ilustración 53, Algunos productos de Marketin Arm International para regular el crecimiento vegetal



El abono orgánico, tiene varios efectos en las plantas, como los siguientes: estimula el crecimiento de las plantas, incrementa la tasa de germinación de semillas, se utiliza para el cultivo de uvas como hormona para inducir la producción de uvas más grandes, promueve el crecimiento, mejora la formación de raíces. El ingrediente activo son las hormonas naturales para plantas producido por la fermentación del hongo. Este producto es biodegradable en el ambiente y aprobado por el Cultivo Ecológico.

## ABONO BOKASHI




Abono fermentado, de origen natural, preparado a base de fermentación que garantiza la reproducción de suelos, favorece la reproducción de microorganismos benéficos, incrementa los rendimientos, no contamina el medio ambiente y conserva la salud..

Tabla 40, Contenidos del abono orgánico BOKASHI

Tabla de contenidos	
Nitrógeno	2%
Fósforo	1.2%
Potasio	1.5%
Calcio	3.5%
Magnesio	0.9%
Microelementos por millón	
Boro	123
Cobre	19
Hierro	5126
Manganeso	2041
Zinc	690

## C. Precios de la competencia

Tabla 41, Competencia de abono orgánico en Guatemala

Precios de la competencia											
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Costo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abono Orgánico</td> <td>46 kg = Q40.00</td> </tr> </tbody> </table>	Producto	Costo	Abono Orgánico	46 kg = Q40.00						
	Producto	Costo									
Abono Orgánico	46 kg = Q40.00										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Costo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tierra de Oro (compost)</td> <td>45.36 kg = Q60.00</td> </tr> <tr> <td>Jardín de Hierbas</td> <td>Maceta = Q115.00</td> </tr> <tr> <td>Kit Urbano</td> <td>1.5 kg lombrices y manual instructivo = Q250.00</td> </tr> <tr> <td>Lombrices Californianas</td> <td>1 Kg (2,500 lombrices) = Q120.00</td> </tr> </tbody> </table>	Producto	Costo	Tierra de Oro (compost)	45.36 kg = Q60.00	Jardín de Hierbas	Maceta = Q115.00	Kit Urbano	1.5 kg lombrices y manual instructivo = Q250.00	Lombrices Californianas	1 Kg (2,500 lombrices) = Q120.00
	Producto	Costo									
	Tierra de Oro (compost)	45.36 kg = Q60.00									
	Jardín de Hierbas	Maceta = Q115.00									
	Kit Urbano	1.5 kg lombrices y manual instructivo = Q250.00									
Lombrices Californianas	1 Kg (2,500 lombrices) = Q120.00										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Costo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abono Orgánico</td> <td>100 kg de humus = Q60.00</td> </tr> </tbody> </table>	Producto	Costo	Abono Orgánico	100 kg de humus = Q60.00						
	Producto	Costo									
Abono Orgánico	100 kg de humus = Q60.00										
<b>ABONO BOKASHI</b>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Producto</th> <th>Costo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Abono Orgánico</td> <td>100 kg (tierra negra) = Q65.00</td> </tr> </tbody> </table>	Producto	Costo	Abono Orgánico	100 kg (tierra negra) = Q65.00						
	Producto	Costo									
Abono Orgánico	100 kg (tierra negra) = Q65.00										

## D. Oportunidad de negocio

La gran cantidad de materia orgánica de los residuos sólidos que se generan en la ciudad de Guatemala ha dado una oportunidad de negocio para las empresas que producen abono orgánico. Una de las oportunidades del producto es la aplicación agrícola y el control de enfermedades de las plantas.

Hoy en día el mercado guatemalteco cuenta con productos de abono orgánico y empresas que producen el mismo para su venta. Estas empresas producen productos orgánicos hechos a través de estiércol, hojas secas, gallinaza o a base de lombrices.

Para Guatemala representa una gran oportunidad de negocio por medio de la comercialización de un producto natural como lo es el compost, ya que tiene una ventaja competitiva en precios en el mercado guatemalteco.

El compost ha logrado abrir un amplio campo para productos agrarios y representa una oportunidad de negocio ya que es un producto orgánico que no daña la salud de las personas y no emplea químicos. Además de ser mas económico que los abonos que contienen químicos y mayor procesamiento del desecho.

El impulso comercial no está tan desarrollado por las empresas que actualmente producen abono orgánico en Guatemala.

Debido a la cantidad que se produce de compost en la UVG con los desechos de jardinería de la misma, no es aconsejable la comercialización del producto, ya que el volumen no es suficiente para vender a fuentes externas.

El uso del compost, favorece la retención de agua en el suelo, permite ahorrar el consumo de agua, aumenta los rendimientos y calidad de los cultivos, jardines y plantas, reduce el uso insecticidas y el costo está por debajo de los abonos químicos. Es por esto que se aconseja el uso interno del compost, para ayudar al medio ambiente y al medio ecológico, para utilizar de manera provechosa los desechos de jardinería y ahorrar en la compra de tierra negra que se aplica actualmente como abono en la UVG.

Una de las conclusiones por la cual se aconseja no comercializar el producto, es porque para desarrollar el compost se tiene un costo variable, además que se necesita transportarlo y costo en mano de obra y servicios básicos, como lo es el agua.

Los costos se presentan más adelante en el análisis financiero del presente trabajo.

## E. Si se decide comercializar el compost de la UVG\*

Si se quisiera comercializar el compost, hay varias fuentes externas que nos donarían los desechos de jardinería, algunas instituciones mas inmediatas son: colegios y colonias anidadas. Con la colaboración de fuentes externas aumentaría la producción y de esta manera se tendría mayor volumen de venta. Siendo así, se tendría una desventaja de los altos costos de transporte, almacenamiento y distribución, con respecto a las economías de escala, por lo que los costos del compost de la UVG serian más altos que los de la competencia. Pero dejándolo en el mismo rango de precios, Q60.00, se podrían producir tres pilas para que el proyecto tenga viabilidad económica.

En cuanto al desarrollo de mercado, se aconseja buscar nuevos clientes para poder incrementar las utilidades y poder crecer a otros mercados, no solo los lugares de venta de abono orgánico. La venta puede ser directamente con agricultores, amas de casa, viveros, edificios con jardinera, etc.

Para el desarrollo de producto se debe tomar en cuenta una orientación a corto y mediano plazo, ya que es muy importante el aspecto del desarrollo de la adaptación de producto en el mercado guatemalteco. Ya que el producto es orgánico puede tener un empaque de papel reciclado y de esta manera sigue la misma estructura de economizar y ayudar al medio ambiente.

Los productos sustitutos que compiten bajo la misma necesidad de la mejora del suelo y los beneficios que el compost ofrece, representan una amenaza por el mercado que abarcan y la producción que manejan. Sin embargo la ventaja competitiva del abono de la UVG es que el producto de compost es natural y no provoca peligro a la salud, por tanto no se tiene un producto sustituto directo para abonos orgánicos sin químicos.

El aumento de la demanda del producto se podría lograr al bajar precios si hay un aumento en la producción, lo que ayudaría a posicionar mejor el producto y lograr competir con los demás productores. Si se reducen costos y alcanzar un nivel óptimo en la producción, podría crear una distinción de marca más elevada que la de la competencia y una preferencia de precios del consumidor.

# XI. ANÁLISIS FINANCIERO

(Colaboración por Mariandrè Massanet)

Para el análisis financiero se hizo una planeación del tiempo, en el cual se analizaron los costos generados por el proyecto. Estos costos corresponden al modulo de factibilidad, donde fueron estudiados y calculados con precisión según el desarrollo experimental.

Independientemente de la competencia que se tiene actualmente y el mercado que tienen cubierto o ganado, la parte más importante de este proyecto es posicionar a la UVG como la universidad número uno que tiene un manejo responsable de sus desechos y esto en términos de costos no se puede cuantificar. Por lo que la venta del producto no es el objetivo principal del proyecto, ya que el valor agregado que da el mismo, es la ayuda ambiental y ecológica en Guatemala.

El esfuerzo de analizar los ingresos y costos relevantes al proyecto, no está de más. Por eso lo que se trato de hacer en este proyecto, es un ejercicio para determinar los costos e ingresos relevantes a este y su manejo adecuado.

## A. Horizonte de planeación

El horizonte de planeación es el período en el cual se puede proyectar con un grado aceptable de certeza, los gastos e ingresos asociados al proyecto. Por ejemplo la industria de hidroeléctricas tiene períodos muy largos de desarrollo, ya que la recolección, producción y generación es un proceso que toma tiempo para crear la energía. Hablando únicamente de la instalación de planta, se puede decir que, la construcción en general es un proceso que toma bastante tiempo, porque se debe levantar el edificio, pero como primer paso debe de crearse la presa en caso no se tenga aislado el espacio para la toma de agua, luego se

debe construir la casa de máquinas, tomando en cuenta el embalse, la entrada de agua, compuertas, turbina hidroeléctrica, carretera para transporte en caso sea necesario, etc., en fin es un proceso bastante largo, en el cual tarda en recuperar el costo de inversión.

Todo proyecto necesita un horizonte de planeación, basado en construcción y funcionamiento como el ejemplo que se acaba de mencionar, o como nuestro proyecto que no necesita de construcción previa, más que la de cada pila, pero se planea con respecto a la duración del equipo o del tiempo estimado del área de trabajo.

Nuestro proyecto está previsto que puede durar cinco años, ya que la instalación del área de trabajo se encuentra ubicada al lado del Taller de Metal Mecánico de la UVG a un costado del laboratorio de manufactura de la UVG. Este es el factor más importante del tiempo, con el cual se determinó la duración del proyecto para analizar costos e ingresos, a pesar de que la maquinaria tenga una vida útil de cinco años como mínimo.

Otra razón por la cual se estimó únicamente una proyección de cinco años para el proyecto, es debido al crecimiento que ha tenido la UVG en los últimos años, el cual ha ido aumentando. Debido a estas razones se estiman los costos e ingresos relevantes para los próximos cinco años, 2012 al 2017.

## B. Fuentes de ingresos

La capacidad productiva según el módulo de factibilidad del proyecto, puede llegar a ser una producción anual de 24.4 m<sup>3</sup> de compost. Lo cual equivale a 199 bolsas de desechos de jardinería anuales, lo cual es un volumen total de 81.26 m<sup>3</sup> de desechos de jardinería triturados antes de comenzar el proceso de compost.

Cabe recalcar que para la siguiente tabla de producción por meses, se toma en cuenta desde el mes de abril, ya que la primera pila es formada en febrero y toma dos meses y medio para la descomposición de los desechos de jardinería, por lo que genera el compost como abono hasta abril. Dicho esto la producción es la siguiente:

Tabla 42, Producción mensual de compost

Mes	Producción de compost (m <sup>3</sup> ) mensual
Año 2012	
Abril	0.72
Mayo	0.72
Junio	0.72
Julio	0.72
Agosto	0.72
Septiembre	0.72
Octubre	0.72
Noviembre	0.72
Diciembre	0.72
Año 2013	
Enero	0.72
Febrero	0.72
Marzo	0.72
Abril	0.72
Mayo	0.72
Junio	0.72
Julio	0.72
Agosto	0.72
Septiembre	0.72
Octubre	0.72
Noviembre	0.72
Diciembre	0.72

Continuación Tabla 42, Producción mensual de compost	
Mes	Producción de compost (m <sup>3</sup> ) mensual
Año 2014	
Abril	0.72
Mayo	0.72
Junio	0.72
Julio	0.72
Agosto	0.72
Septiembre	0.72
Octubre	0.72
Noviembre	0.72
Diciembre	0.72
Año 2015	
Enero	0.72
Febrero	0.72
Marzo	0.72
Abril	0.72
Mayo	0.72
Junio	0.72
Julio	0.72
Agosto	0.72
Septiembre	0.72
Octubre	0.72
Noviembre	0.72
Diciembre	0.72
Año 2016	
Enero	0.72
Febrero	0.72
Marzo	0.72
Abril	0.72
Mayo	0.72
Junio	0.72
Agosto	0.72
Septiembre	0.72
Octubre	0.72
Noviembre	0.72
Diciembre	0.72

Continuación Tabla 42, Producción mensual de compost	
Mes	Producción de compost (m <sup>3</sup> ) mensual
Año 2017	
Enero	0.72
Febrero	0.72
Marzo	0.72
<b>Total</b>	<b>43.2</b>

Los ingresos pueden ser calculados de dos formas: por costo de oportunidad y por precio de venta.

1. **Por costo de oportunidad.** El compost que sale para ser utilizado como abono, se usa para los jardines de la UVG y por consiguiente se podría ahorrar en la compra del abono actual (tierra negra). Ya que actualmente se tiene una demanda de 18m<sup>3</sup> semestrales, por lo que se necesitan 36 m<sup>3</sup> de abono al año, lo que representa un costo aproximado de Q5,760.00 por año, lo que equivale a Q1,920.00 por camionada (12 m<sup>3</sup>).

El beneficio económico que representó el uso de compost es un ahorro de Q1,376.00 por año si se produce una pila de compost por mes.

Tabla 43, Ahorro al utilizar el compost generado

Costo actual de tierra negra anual	Ahorro utilizando el compost generado
Q5, 760.00	Q1, 376.00


2. Por precio de venta. Haciendo referencia al módulo de factibilidad del proyecto, se tiene que los niveles de producción de compost por año es de aproximadamente  $8,64 \text{ m}^3$ .

Comparando la cantidad de desechos de jardinería que se recaudan (volumen con el que se inicia la pila), con la cantidad del compost que genera cada pila, se puede ver que el volumen del material original se reduce un 47% cuando se produce compost.

Para el análisis de la venta del producto se realizó un estudio de mercado de competencia directa, para lograr segmentar las empresas que trabajan el mismo tipo de abono orgánico y ver el precio de venta de estos. Este análisis se encuentra posteriormente en la tabla # 10. Por consiguiente se estableció un precio promedio para poder competir con las empresas actuales del mercado, ya que de no ser así, el compost producido por la UVG no tendría ninguna oportunidad, si se establece un precio de introducción más elevado al valor del que tienen actualmente la competencia.

El precio de venta fue establecido en base a los precios de los abonos con producción similares de la competencia. La competencia directa en Guatemala para nuestro producto, sería Byoearth y Abono Bokashi, los cuales se ven posicionados en el mercado con un precio de Q60.00 por quintal, lo que equivale a 45.36 kg. Por lo que debido al estudio de mercado y la demanda actual, se busca convertir el compost en un producto factible para la venta y lograr posicionarse en el mercado. Para esto no debe exceder el precio de venta de estas otras empresas que se dedican a producir abono orgánico, como las que se mencionan en la siguiente tabla.

Tabla 44, Precios de competencia directa

Precios de la competencia		
	<b>Producto</b>	<b>Costo</b>
	Tierra de Oro (compost)	45 kg = Q60.00
<b>ABONO BOKASHI</b>	<b>Producto</b>	<b>Costo</b>
	Abono Orgánico	45 kg = Q65.00

Se tomaron estas dos empresas ya que es la competencia directa del producto, por el tipo de abono orgánico que se maneja.

Otro factor que influye en los ingresos que se tendrán respecto al precio de venta, está relacionado con el total en libras por año. Según los cálculos estimados que se realizan en el módulo de "Factibilidad del proyecto" la cantidad en libras por año son de:

Tabla 45, Kilogramos de compost por año

Año	Kg de compost al año
1 (2012)	2,843.10
2 (2013)	3,790.80
3 (2014)	3,790.80
4 (2015)	3,790.80
5 (2016)	3,790.80
6 (2017)	957.70

3. **Ingresos anuales.** Teniendo el precio al que se vendería el compost y la producción anual en libras, se pueden calcular los ingresos.

Tabla 46, Ingresos de compost por año

<b>Año</b>	<b>Kg de compost al año</b>	<b>Precio de venta por cada 45 kg</b>	<b>Ingresos</b>
1 (2012)	2,843.10	Q60.00	Q3,760.71
2 (2013)	3,790.80	Q60.00	Q5,014.29
3 (2014)	3,790.80	Q60.00	Q5,014.29
4 (2015)	3,790.80	Q60.00	Q5,014.29
5 (2016)	3,790.80	Q60.00	Q5,014.29
6 (2017)	957.70	Q60.00	Q1,253.57
<b>Total</b>	<b>18,954.00</b>	<b>Q60.00</b>	<b>Q25,071.44</b>

Por conveniencia del proyecto, se toma en cuenta el mismo precio de compost de UVG para el año 1, 2, 3, 4, 5 y 6, ya que habría que hacer otro estudio de mercado en el año 2012 para analizar el comportamiento de precios que se tiene en ese año y colocar el precio de nuestro producto a uno parecido del que tengan las otras empresas.

4. **Ingresos por pila** Para los siguientes cálculos se hace referencia a la Temporada A y B de la misma manera que en el módulo de "Factibilidad del proyecto".

Tabla 47, Ingresos por pila

Desechos generados	Cantidad de compost generado por pila (m <sup>3</sup> )	Kg de compost por temporada	Precio de venta por cada 45 kg (Q)	Ingresos por pila
Por Pila	0.72	315.90	Q60.00	Q417.86

El mercado de abonos orgánicos es un mercado atractivo y los próximos años puede aumentar su precio. Debido a la tendencia que ha tenido en los últimos años se puede prever que está incrementando de precios, pero para tener una idea de cómo pueden variar las posibilidades, se decidió realizar varios escenarios de precios.

Tabla 48, Precio de venta por cada 100 libras de compost

Escenario	Precio de venta por cada 100 libras
Pesimista	Q60.00
Realista	Q65.00 – Q75.00
Optimista	Q70.00 – Q90.00

### C. Costos

La contabilidad no siempre recoge costos en la forma real, es por eso que en finanzas los flujos de efectivo tratan de ajustar los resultados contables a la forma real para que represente salidas de efectivo o en otras palabras egresos.

Para lograr hacer un flujo de cada realista debemos conocer cada rubro de gastos. Por eso al realizar el detalle de los costos vamos a conocer la naturaleza de los mismos. Con la naturaleza me refiero a que no es salida de efectivo pero tienen costos asociados, como costos del espacio. En este ejemplo de costos de espacio se puede mencionar el parqueo, ya que es un gasto real y si ocupa espacio, pero no es salida de efectivo por el momento, porque no se está pagando actualmente. Otros ejemplos que no representan salida de efectivo son los abonos o cargos contables, pero dado el desarrollo de este proyecto no se cuenta con ninguno de estos.

Para los costos también es importante ver cuando se incurren, y por esto se clasificaron en tres diferentes formas para poder diferenciar en que categoría influenciaba cada costo. Se clasificaron en:

- Costos fijos: aquellos costos que solo se pagan una vez durante los dos años de proyección del proyecto
- Costos periódicos: aquellos que se pagan cada mes.
- Costos por actividad a realizar: aquellos que se pagan esporádicamente, dependiendo de las necesidades que va teniendo el desarrollo del proyecto

Los costos mencionados a continuación y el total de los mismos, siguen siendo referencia de los cálculos realizados en el módulo de factibilidad de la parte de costos.

La inversión inicial consta de costos por pila y por proyecto, por eso se clasifican de la siguiente manera:

Tabla 49, Costos por pila por los dos años de proyecto PAG 137

<b>Costos por pila por los 2 años de proyecto</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Costos por pila por los cinco años</b>
Block	Q50.00
Tubo PVC 5" (6m de largo)	Q450.00
Tubos flexibles de plástico	Q400.00
Nylon	Q40.00
<b>Total</b>	<b>Q940.00</b>

Tabla 50, Costos por los dos años de proyecto

<b>Costos por los 5 años de proyecto</b>	
<b>Equipo</b>	<b>Costos por pila por los 5 años</b>
Motor	Q1,074.54
Soplador	Q1,722.42
Trituradora	Q2,200.00
Termómetro	Q276.54
Extensión eléctrica	Q60.00
Lentes de protección	Q18.00
<b>Total</b>	<b>Q5,351.5</b>

Los costos de los materiales directos de fabricación, costos fijos mensuales y costos variables mensuales se tomaron del módulo de factibilidad de la parte de costos, los cuales se detallan a continuación.

Tabla 51, Materiales directos de fabricación por pila

<b>Materiales directos de fabricación por pila (cada 2 ½ meses)</b>	<b>Q</b>
Materia prima	Q0.00
Urea	Q8.25
Caja de guantes	Q30.00
Caja de bolsas negras	Q20.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q58.25</b>

Tabla 52, Costos mensuales

<b>Costos mensuales</b>	<b>Q</b>
Electricidad	Q35.81
Agua	Q10.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q45.81</b>

La razón por la que se toman en cuenta únicamente estos dos costos, electricidad y agua, es porque el área de trabajo y la depreciación del equipo por el momento no representan una salida de efectivo. A pesar de que es importante tomarlas en cuenta, solo en el análisis financiero se incluyen.

A pesar de no estar tomando en cuenta los costos en este momento, se debe aclarar que el proyecto tiene que ser capaz de pagar tanto el área de trabajo como la depreciación del equipo.

La electricidad y el agua sí se pagan mensualmente y sí representan salida de efectivo.

Tabla 53, Costos mensuales que no representan salida de efectivo

<b>Costos mensuales que no representan salida de efectivo</b>	<b>Q</b>
Área de trabajo (costo de oportunidad)	Q. 88.33
Depreciación del equipo	Q. 58.84
<b>TOTAL</b>	<b>Q147.17</b>

Tabla 54, Costos variables mensuales por pila

<b>Costos variables mensuales por pila</b>	<b>Q</b>
Materiales directos de fabricación	Q. 23.30
Mano de obra a destajo	Q100.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q123.30</b>

En este caso de la mano de obra, es necesario pagarles al mes por la producción por pila.

## D. Estado de resultados

Se propone dos estados de resultados por pila, uno que incluya la salida de efectivo y otro que no lo incluya. Esto para darnos una idea de lo que se está pagando actualmente, que es lo que cuesta sin el gasto del área del trabajo y la depreciación del equipo. Mientras que en el otro estado de resultados se verán las pérdidas y ganancias del proyecto completo, sin dejar excluido lo que no representa una salida de efectivo en el periodo determinado.

El siguiente cuadro que se presenta es el estado de resultados por pila, donde solo se incluyen las salidas de efectivo. Esto quiere decir que no se incluye el costo de depreciación, ni el del área de trabajo. Actualmente este es el estado de resultados correspondiente al proyecto, ya que no se pagan los costos mencionados anteriormente.

La razón por la que en los siguientes estados de resultados aparecen en cero los impuestos, se debe a que la UVG es una institución educativa, por lo que se encuentra exenta de los pagos de impuestos.

Tabla 55, Estado de resultados actual

**Estado de resultados (salidas de efectivo únicamente)**

+ Ingresos por pila	Q	417.86
<b>Ingresos operativos netos</b>	<b>Q</b>	<b>417.86</b>
- Costos de materiales de fabricación por pila	Q	58.25
- Costos variables mensuales por pila	Q	308.25
<b>Resultado bruto</b>	<b>Q</b>	<b>51.36</b>
- Costos mensuales por pila	Q	114.53
Gastos de venta		
- Material de empaque	Q	41.79
<b>Resultado de operaciones</b>	<b>Q</b>	<b>(104.96)</b>
- Impuestos		-
<b>Resultado neto</b>	<b>Q</b>	<b>(104.96)</b>

El gasto estimados para la elaboración y venta de compost por pila son de Q104.96 por año para la temporada A y B. Como se puede ver, se tomó en cuenta el material de empaque para el volumen que se produce de compost por cada pila. El material a utilizar son las bolsas de papel recicladas (sacos ecológicos) para también contribuir al medio ambiente con el empaque. Cada bolsa puede tener un costo máximo de Q3.00, para fines de estos cálculos se uso esta cifra para calcular el empaque del producto, pero es importante hacer la aclaración que puede ser un costo menor entre Q1.00 – Q3.00.

En la siguiente tabla se presenta el estado de resultados con todos los costos, incluyendo la depreciación de equipo y el costo del área de trabajo. Para que la producción y venta del producto sea rentable, el proyecto debería poder pagar estos costos que no se están tomando en cuenta actualmente. Ya que en un futuro puede que cobren el área de trabajo ya que es un costo de oportunidad que están perdiendo, al tener menos área de parqueo para vender.

Tabla 56, Estado de resultados con todos los costos que incurren en el proyecto

<b>Estado de Resultados (con todos los egresos a contemplar)</b>		
+ Ingresos por pila	Q	417.86
<b>Ingresos operativos netos</b>	<b>Q</b>	<b>417.86</b>
- Costos de materiales de fabricación por pila	Q	58.25
- Costos variables mensuales por pila	Q	308.25
<b>Resultado bruto</b>	<b>Q</b>	<b>51.36</b>
- Costos mensuales por pila	Q	114.53
- Costos administrativos mensuales por pila	Q	367.93
- Gastos de venta		
Material de empaque	Q	41.79
<b>Resultado de operaciones</b>	<b>Q</b>	<b>(472.89)</b>
- Impuestos		-
<b>Resultado neto</b>	<b>Q</b>	<b>(472.89)</b>

Como se puede ver en la tabla anterior, cuando se incluyen los gastos que no representan salida de efectivo, se tiene una cantidad negativa. Lo que quiere decir que no es rentable para el proyecto pagar el área de trabajo, cuando se está desaprovechando lugar para ampliar el parqueo. Pero mientras el área de trabajo no sea cobrada, puede generar utilidad considerando únicamente los costos por pila y no los gastos de venta.

Las tablas que se muestran a continuación es el estado de resultados mensual por los dos años y tres meses de generación de compost.

Ilustración 54, Estado de resultados mensual por los cinco años de proyecto

Año	Descripción	Meses																
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Acumulado	Mayo	Junio	Julio	Acumulado	Agosto	Septiembre	Octubre	Acumulado	Noviembre	Diciembre	Acumulado	Acumulado total primer año
1	Ingresos por pila				Q417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 1,253.57	Q 417.86	Q 417.86	Q417.86	Q 1,253.57	Q417.86	Q417.86	Q 836.71	Q 3,708.71
	Ingresos operativos netos por 9 pilas			Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 1,253.57	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 1,253.57	Q 417.86	Q 417.86	Q 836.71	Q 3,708.71	
	Costos																	
	Costos materiales		Q (58.25)		Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (932.65)	
	Costos materiales		Q (58.25)		Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (932.65)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (932.65)	
	Costos materiales		Q (58.25)		Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (932.65)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (932.65)	
	Costos materiales		Q (58.25)		Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (932.65)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (932.65)	
	Suma de costos	Q (374.53)	Q (690.81)	Q (1,007.09)	Q (1,323.27)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (3,021.27)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (3,021.27)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (2,014.18)	Q (14,128.18)
	Resultado bruto	Q (374.53)	Q (690.81)	Q (690.81)	Q (690.81)	Q (1,684.57)	Q (690.81)	Q (690.81)	Q (690.81)	Q (1,767.70)	Q (690.81)	Q (690.81)	Q (690.81)	Q (1,767.70)	Q (690.81)	Q (690.81)	Q (1,178.47)	Q (6,368.44)
	Material de empaque			Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (62.67)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (62.67)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (61.73)	Q (188.04)
	Resultados de operación	Q (374.53)	Q (690.81)	Q (610.13)	Q (1,675.47)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,220.25)	Q (6,566.47)
Impuestos																		
Resultado neto	Q (374.53)	Q (690.81)	Q (610.13)	Q (1,675.47)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,220.25)	Q (6,566.47)	

Año	Descripción	Meses																
		Enero	Febrero	Marzo	Acumulado	Abril	Mayo	Junio	Acumulado	Julio	Agosto	Septiembre	Acumulado	Octubre	Noviembre	Diciembre	Acumulado	Acumulado total segundo año
2	Ingresos por pila	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q 1,253.57	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q 1,253.57	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q 1,253.57	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q 1,253.57	Q 6,014.29
	Ingresos operativos netos por 12 pilas	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 1,253.57	Q417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 1,253.57	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 1,253.57	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 1,253.57	Q 6,014.29
	Costos																	
	Costos materiales		Q (58.25)		Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	
	Costos materiales		Q (58.25)		Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	
	Costos materiales		Q (58.25)		Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)	Q (58.25)
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)	
	Suma de costos	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (3,021.27)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (3,021.27)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (3,021.27)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (1,007.09)	Q (3,021.27)	Q (9,063.81)
	Resultado bruto	Q (690.23)	Q (690.23)	Q (690.23)	Q (1,677.70)	Q (690.23)	Q (690.23)	Q (690.23)	Q (1,677.70)	Q (690.23)	Q (690.23)	Q (690.23)	Q (1,677.70)	Q (690.23)	Q (690.23)	Q (690.23)	Q (1,267.70)	Q (6,300.40)
	Material de empaque	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (62.67)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (62.67)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (62.67)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (62.67)	Q (188.04)
	Resultados de operación	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (6,491.13)
	Impuestos																	
	Resultado neto	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (1,830.36)	Q (6,491.13)



Continuación Ilustración 54, Estado de resultados mensual por los cinco años de  
proyecto

Año	Descripción	Meses			Acumulado
		Enero	Febrero	Marzo	
6	Ingresos por pila	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q 1,253.57
	Ingresos operativos netos por 12 pilas	Q 417.86	Q 417.86	Q 417.86	Q 1,253.57
	<b>Costos</b>				
	Costos materiales				Q -
	Costos mensuales	Q (316.28)			Q (316.28)
	Costos materiales				Q -
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)		Q (632.56)
	Costos materiales	Q (58.25)			Q (58.25)
	Costos mensuales	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (316.28)	Q (948.84)
	Suma de costos	Q (1,007.09)	Q (632.56)		Q (1,639.65)
	<b>Resultado bruto</b>	Q (589.23)	Q (214.70)	Q417.86	Q (386.08)
	Material de empaque	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (20.89)	Q (62.68)
	<b>Resultados de operación</b>	Q (610.13)	Q (235.60)	Q396.96	Q (448.76)
	Impuestos	-	-	-	-
	<b>Resultado neto</b>	Q (610.13)	Q (235.60)	Q396.96	Q (448.76)

Como se puede ver en el estado de resultados mensual por los cinco años, mientras que se monten pilas el resultado neto será negativo, a pesar de generar utilidad cada mes. Esto es debido a los gastos que se tienen de mantenimiento y material de empaque para el compost producido, pero el beneficio que se tienen a pesar de todo es el ahorro significativo de Q3, 904.00, por la cantidad de tierra que negra que se está dejando de comprar al sustituirlo con el compost generado.

## E. Flujo de caja

Después investigar no se encontró un concepto claro de la tasa de descuento. Pero dado que la UVG es una universidad no lucrativa, se asumió que podría estar en



## Continuación, Ilustración 55 Flujo de Caja del proyecto

	2015											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Ingresos</b>	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86
<b>Gastos</b>	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)
	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)
<b>Salidas</b>												
Depreciación	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)
Parqueo	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)
Inversión												
<b>Flujo de caja</b>	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)

	2016											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Ingresos</b>	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86	Q417.86
<b>Gastos</b>	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)	Q (610.13)
	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)	Q (192.27)
<b>Salidas</b>												
Depreciación	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)
Parqueo	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)
Inversión												
<b>Flujo de caja</b>	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)	Q (45.10)

	2017		
	Enero	Febrero	Marzo
<b>Ingresos</b>	Q417.86	Q417.86	Q417.86
<b>Gastos</b>	Q (610.13)	Q (235.60)	Q396.96
	Q (192.27)	Q 182.26	Q 814.82
<b>Salidas</b>			
Depreciación	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)
Parqueo	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)
Inversión			
<b>Flujo de caja</b>	Q (45.10)	Q 329.43	Q 961.99





Continuación, Ilustración 56, Flujo de caja proyectado a cinco años

	2017		
	Enero	Febrero	Marzo
<b>Ingresos</b>	Q1,253.57	Q1,253.57	Q1,253.57
<b>Gastos</b>	Q (758.81)	Q 23.84	Q1,239.64
	Q 494.76	Q 1,277.41	Q 2,493.21
<b>Salidas</b>			
Depreciación	Q (58.84)	Q (58.84)	Q (58.84)
Parqueo	Q (88.33)	Q (88.33)	Q (88.33)
<b>Inversión</b>			
<b>Flujo de caja</b>	Q641.93	Q1,424.58	Q2,640.38

Dados los resultados de flujo de caja y dada una tasa de descuento del 15% anual, lo que equivale a 1.25% mensual, se puede calcular el valor presente neto como se menciona posteriormente.

## F. Valor Presente Neto (VPN)\*

El valor presente neto calculado respecto a la recolecta y generación de desechos de jardinería de la UVG del año 2012 - 2016, y los primeros tres meses de generación de compost del año 2017, tomando únicamente en cuenta la producción de 1 pila mensual, daría una cantidad de negativa de (Q9,951.93).

Pero tomando en cuenta que la cantidad de desechos para las tres pilas mensuales si puede ser proporcionada por la fuente externa que aporta desechos de jardinería a la UVG, se logra la viabilidad del proyecto, dando un valor presente neto para evaluar el proyecto a mediano plazo de Q15,656.47. y

debido a que su valor es positivo indica que es recomendable la venta del compost.

<b>Tasa de descuento</b>	1.25%
<b>Valor presente neto</b>	<b>Q15,656.47</b>

## XII. ANÁLISIS DE RIESGO

(Colaboración por Mariandrè Massanet)

Se considera riesgo toda vulnerabilidad del proyecto ante un posible daño que afecte los resultados finales esperados del proceso de degradación del material de jardinería. Los residuos orgánicos provenientes de actividades domésticas, agrícolas o industriales se degradan principalmente gracias a los microorganismos que actúan en condiciones naturales. Esta degradación está estrechamente relacionada y se ve afectada por dos factores esenciales:

- Características del residuo
- Entorno natural en donde se produce y se acumula. (condiciones ambientales)

### A. Factor de riesgo 1: Características del residuo

Las características del residuo es un factor que se puede controlar llevando un estricto balance al momento de elegir los residuos que van a descomponerse. Por lo tanto se dice que el factor de riesgo 1, es un riesgo controlado. Para controlarlo deberá realizarse cuidadosamente un filtro antes de triturar el material. Se recomienda desechar todo material que no sea orgánico, que no sea verde o que no cumpla con las características óptimas para la generación de compost. La materia orgánica se puede catalogar según contenido de humedad que presente. Ver tabla a continuación:

Tabla 57, Catalogación de la materia orgánica

www.tierramorg.org

materia orgánica suave/ húmeda (mas de 60 % de húmedad)	materia orgánica seca y fibrosa (menso de 60% de húmedad)
=> desechos orgánicos de la cocina (p.ej. de frutas y vegetales) => restos de los alimentos => pulpa de frutas (ep. ej. de los jugos) => algas marinas (en la costa) => poda fresca de pasto y hierbas estiércol fresco ( p.ej. de vaca, borrego, caballo)	=> poda de árboles (triturados) => Maleza gruesa => hojas secas (de preferencia de encino, fresno etc- evitar hoja de pino y eucalipto) => paja o pasto seco => aserín

Para disminuir el riesgo de que el proceso de degradación pare, o presente avance muy lento, se recomienda mezclar ambas categorías de materia orgánica. Se recomienda un porción de 4 a 6 partes de materia seca por cada parte de materia húmeda. La presencia de mucha materia fibrosa es esencial para producir compost con una buena estructura, mientras que la materia orgánica provee principalmente los nutrientes.

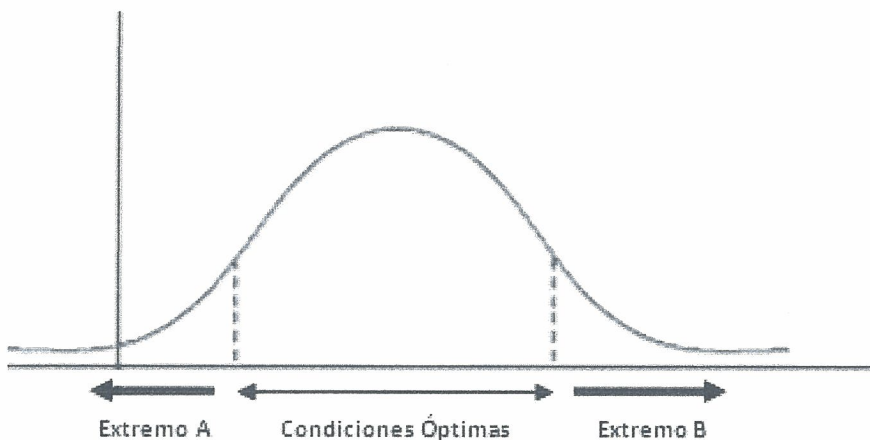
Por lo tanto, siguiendo estas recomendaciones el riesgo de que por causa de una mala selección de materiales los resultados no sean los esperados, disminuye significativamente seleccionando de forma correcta los residuos y llevando un estricto control al inicio del montaje y preparación de la pila. Según expertos en el tema, aseguran que una buena selección de residuos al inicio del proyecto garantiza un abono con alto contenido de nutrientes.

## B. Factor de riesgo 2: Condiciones ambientales

A continuación se abordará el factor de riesgo 2. El entorno natural en donde se produce el compost es el segundo factor que pone en riesgo el resultado final del proyecto. Es importante, partir de la idea de que el compost es un proceso eminentemente natural. Esto quiere decir que está totalmente relacionado con todos factores naturales que lo rodeen; especialmente se ve

seriamente afectado por las condiciones climatológicas en las que se produzca. Es evidente, que no existe una receta o ciertos pasos a seguir para controlar la temperatura del ambiente, sin embargo existen lugares que son más vulnerables que otros y que presentan condiciones climatológicas no favorables para la fabricación de compost. La temperatura del ambiente afecta directamente la temperatura del compost, y esto trae como consecuencia un proceso de degradación alterado, pues se inhibe total o parcialmente la descomposición del material en la pila. A continuación se muestra una gráfica que explica estas condiciones:

Ilustración 57, Condiciones ambientales



El diagrama muestra tres rangos posibles de temperatura del entorno en el que se está produciendo abono.

- Extremo A y B: representan las temperaturas extremas del entorno, bajo estas condiciones el proceso de degradación es alterado. Mientras existan condiciones climatológicas que estén dentro de los rangos de temperatura del extremo A o B el proyecto se encuentra en condición de riesgo, la posibilidad de que se inhiba el crecimiento de microorganismos que descomponen la materia prima es alta, y el resultado final puede no ser el esperado. Una pila que haya estado durante su descomposición en

condiciones climáticas no favorables, dará como resultado abono orgánico de baja o mala calidad, con extrema carencia de nutrientes.

- Condiciones óptimas: las condiciones climatológicas óptimas en las que puede degradarse el material son los climas regulares, es decir, los climas que no presenten variaciones drásticas.

Para fines de este trabajo de investigación se definieron rangos de temperatura basado en las siguientes suposiciones:

- El área de trabajo se encuentra dentro de la ciudad de Guatemala
- La ciudad de Guatemala presenta dos estaciones climáticas que determinan la temperatura y las condiciones del entorno natural: Invierno y Verano

Basado en estas suposiciones y en los resultados obtenidos en el proyecto piloto del biodigestor instalado para este Megaproyecto, los rangos de temperatura son los siguientes:

Temperaturas extremas:

EXTREMO A	EXTREMO B
$T \leq 10^{\circ}\text{C}$	$T \geq 30^{\circ}$

Condiciones óptimas:

1. Metodología utilizada. Para calcular la probabilidad de que ocurran días que presenten condiciones climatológicas con climas extremos en la Ciudad de Guatemala, se decidió realizar un análisis de la temperatura de los últimos cinco años (2007-2011). La metodología utilizada fue la siguiente:

Se recopiló la información diaria de las temperaturas presentadas en la Ciudad de Guatemala en los últimos cinco años.

La fuente de información diaria fue datos oficiales del INSIVUMEH, se estudió del 2007 al 2010 años completos y del año 2011 de enero a agosto. Es decir, fueron analizados un total de 56 meses completos lo que equivale a 1,680 días.

10° < T < 30°C

<b>Enero -2010</b>			
<b>DIA</b>	<b>T</b>	<b>TMAX (Cº)</b>	<b>TMIN (Cº)</b>
1	18.9	23.5	14.8
2	17.9	22	16
3	17.2	23	13
4	16.4	22	14
5	16.3	21	13
6	14.8	21	11
7	15.8	22	12
8	17.7	24	14
9	17.1	22	14
10	14.5	19	11
11	11.8	17	8
12	11.9	19	8
13	13.9	19	10
14	15.3	24	11
15	17.4	25	12
16	19.4	27	14
17	18.7	24	14
18	17.7	24.4	14.6
19	18.9	27	14
20	18.7	27	14
21	18.9	26	14
22	19.6	29	13
23	19.2	30	12.4
24	18.4	24	14
25	18.4	25	14
26	18.3	25	14
27	17.6	24	14
28	17.8	23	13
29	19.7	26	16
30	19.8	26	15
31	18.8	22	16

Para fines explicativos de este informe, se muestra únicamente una para explicar el procedimiento utilizado. El resto de tablas, se encuentra en la sección de anexos de este reporte.

Tabla 58, Temperatura Ciudad de Guatemala Enero 2010

PROMEDIO	17,30	23,39	13,07
T MAX/ T MIN		30	8
Temperaturas Extremas durante el mes		1	3

La Tabla 35 muestra un ejemplo de la forma como fue tabulada la información de todos los meses de los cinco años analizados, por razones prácticas y de estética el resto de las tablas se encuentra en la parte de anexos de este informe.

La primera columna de la Tabla 35 muestra el día del mes. La segunda columna cuyo título es "T", representa la temperatura promedio del día. La tercera columna muestra la temperatura máxima alcanzada durante el día y la cuarta columna representa la temperatura mínima del día. Todas las temperaturas se encuentran en grados centígrados. Los cuadros resaltados en color rosado muestran temperaturas que se encuentran dentro de los rangos de temperatura extrema. Es decir, es un indicador que permite reconocer el día en el que se presentó una temperatura que pertenece al extremo A o extremo B y cuál fue el valor de la temperatura registrada.

Como segundo paso, con el fin de analizar la información obtenida del mes, se construyó una tabla anexa a la tabla principal en la parte de abajo. La primera fila muestra el promedio de las temperaturas del mes. En el caso de la tabla 35, se puede observar que el promedio de la temperatura promedio diaria es de 17.30 grados C°, el promedio de las temperaturas más altas es de 23.39 grados C° y el promedio de las temperaturas bajas es de 13.07 C°. La siguiente fila (MAX/MIN) muestra cuál fue la temperatura máxima y mínima alcanzada durante el mes.

Como tercer paso, se realizó una tabla resumen de ocurrencias de temperaturas extremas durante el año completo. Esta tabla se muestra a continuación:

Tabla 59, Resumen de ocurrencia de temperaturas extremas año 2010

	Número de días	Probabilidad
<b>Ocurrencia T Min</b>	11	3,01%
<b>Ocurrencia T Max</b>	10	2,74%
<b>Probabilidad total anual</b>		<b>5,753%</b>

La Tabla 59 muestra que durante el año 2010 hubo 11 días cuya temperatura fue menor o igual a 10°C y hubo 10 días cuya temperatura fue mayor o igual a 30°C. En la columna de probabilidad se observa que la probabilidad de que ocurra un día con temperatura del extremo A es de 3.01% y de que ocurra una temperatura del extremo B es de 2.74%. Se consideró que el año tiene 365 días, y estas probabilidades se calcularon de la siguiente manera:

$$\frac{\text{Ocurrencia } T_{\min} + \text{Ocurrencia } T_{\max}}{365}$$

Sin embargo, tal y como se explicó anteriormente, la pila se encuentra en condiciones riesgosas si la temperatura del ambiente está en cualquiera de los dos extremos. Por lo tanto, se calculó la probabilidad total del año, sumando la ocurrencia de temperaturas mínimas y bajas y se dividió dentro de 365 días. Esto nos dio como resultado que durante el año 2010, probabilidad de que ocurra un día cuya temperatura se encuentre dentro del rango del extremo A o B es de 5.75 %.

Es importante notar que esta probabilidad total es una probabilidad independiente. Es decir, todos los días del año hay una probabilidad de riesgo del 5.75%. Cada día del año es un suceso independiente, y no está correlacionado uno con otro.

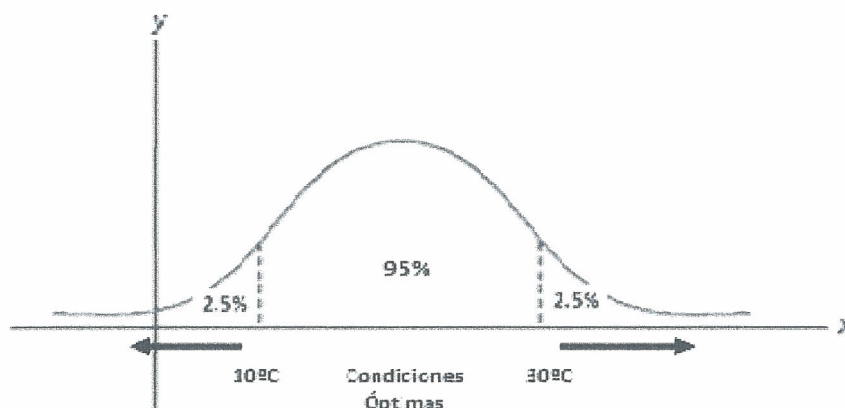
Este mismo análisis se realizó para los cinco años estudiados en este reporte y se obtuvo una probabilidad total anual para cada año. A continuación se muestran los resultados.

**Tabla 60, Probabilidad de ocurrencia de temperaturas extremas del año  
2007-2011**

Año	Probabilidad de riesgo
2007	4,38%
2008	4,93%
2009	4,11%
2010	5,75%
2011	5,00%

La Tabla 60 muestra la probabilidad de cada año de ocurrencia de temperaturas extremas. Observamos que el año 2010 fue el año con mayor incidencia de climas extremos y el año 2007 el año con una menor probabilidad de riesgo. El comportamiento de estas probabilidades se puede representar como una distribución normal en una campana de Gauss. Esto es posible ya que el comportamiento es simétrico y presenta en las colas el 2.5% de probabilidad de que ocurra un clima extremo (alto o bajo). El 95% lo representan las condiciones ambientales óptimas para la fabricación de compost.

Ilustración 58, Distribución normal



Continuando con el análisis de los resultados, para realizar un resumen gráfico del comportamiento de la temperatura de cada año se realizó un tabla resumen por año. Para fines explicativos, se muestra a continuación la tabla resumen del año 2010.

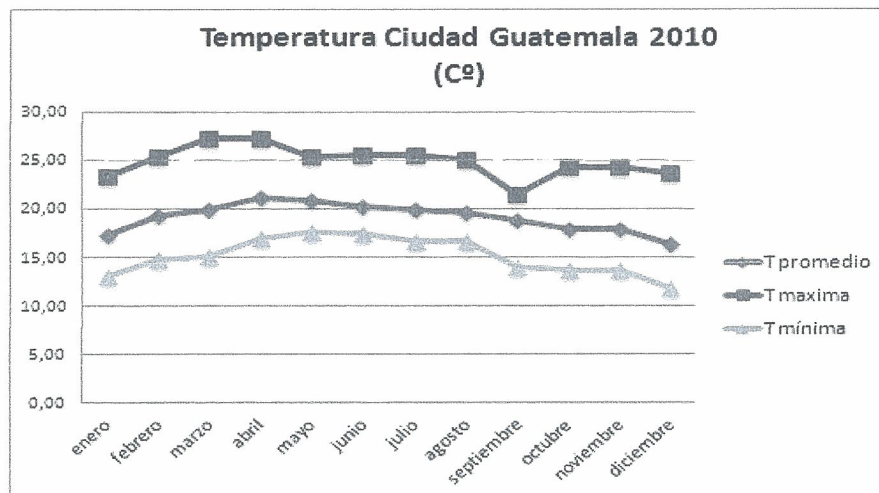
Tabla 61, Resumen del año 2010

Resumen 2010					
	Promedio			Incidencia de temperaturas extremas	
	T	TMAX (C°)	TMIN (C°)	T MAX	T MIN
enero	17,30	23,39	13,07	1	3
febrero	19,30	25,38	14,85	0	0
marzo	19,90	27,23	15,10	4	0
abril	21,10	27,19	17,04	3	0
mayo	20,90	25,33	17,59	0	0
junio	20,20	25,53	17,44	0	0
julio	19,90	25,60	16,59	0	0
agosto	19,60	25,00	16,65	0	0
septiembre	18,80	21,49	13,94	0	0
octubre	17,90	24,31	13,67	1	1
noviembre	17,90	24,31	13,67	1	1
diciembre	16,30	23,73	11,80	0	6

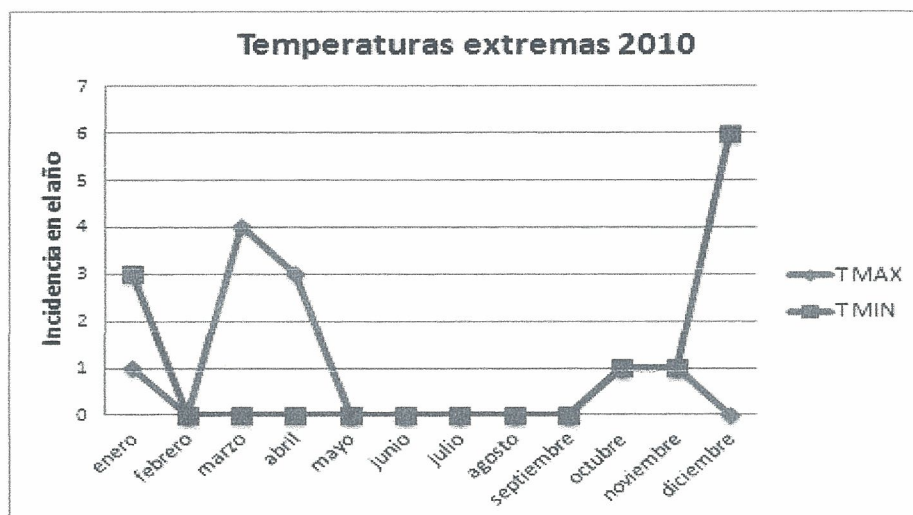
Se utilizó como base la Tabla 60 de cada año para construir dos gráficas por año. La primera gráfica muestra la tendencia de la temperatura anual (según los promedios de la tabla resumen), y la segunda gráfica muestra la incidencia

de temperaturas extremas durante el año, así como también se puede observar los meses del año más vulnerables a que presenten una temperatura extrema. A continuación se muestran todos los resultados del año 2010. El resto de gráficas anuales se encuentran en los anexos de este informe.

Gráfica 3, Comportamiento de la temperatura durante el año 2010



Gráfica 4, Incidencia de temperaturas extremas (mensual)



## C. Regresión lineal

Se utilizó la regresión lineal como un método de análisis de las probabilidades obtenidas de años anteriores y se modeló la relación entre una variable dependiente y una variable independiente. Para fines de este trabajo, se tomó como variable dependiente la probabilidad de riesgo y como variable independiente el año que está siendo pronosticado.

Se procedió a realizar una regresión lineal, utilizando la información de la Tabla 38, esto con el fin de poder pronosticar la probabilidad de riesgo en los próximos cinco años. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Ecuación de regresión lineal:

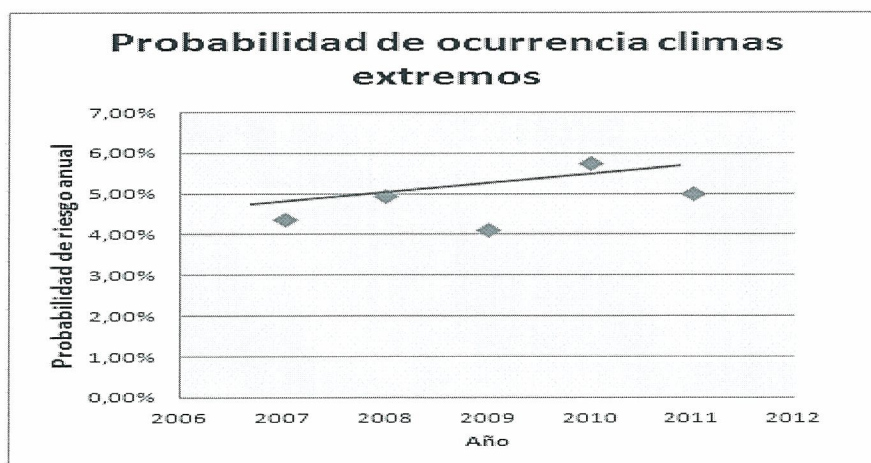
$$f(X) = 0.00178X + (-3.5298)$$

Coefficiente de correlación:

$$r = 0.52125$$

La ecuación de regresión lineal nos muestra la relación entre las dos variables analizadas. Esta es la ecuación de la recta que mejor ajusta los datos analizados y se puede representar con la gráfica que se muestra a continuación:

Gráfica 5, Gráfica de dispersión y regresión estimada



Según Erik Lahura, define el coeficiente de correlación como «Un indicador que proporciona información sobre la relación lineal existente entre dos variables cualesquiera. Básicamente, esta información se refiere a dos características de la relación lineal: la dirección o sentido y la cercanía o fuerza».

Sentido: En este caso encontramos un coeficiente de correlación positivo, esto nos indica el sentido de la correlación. Esto quiere decir que la relación entre las dos variables es que cuando una variable aumenta la otra variable también aumenta. Es entonces evidente notar que al pasar de los años, es decir conforme el año vaya aumentando, el valor de la probabilidad de riesgo debido a climas extremos también aumenta. La Tabla 37, muestra que en efecto durante los cinco últimos años esa ha sido la tendencia del comportamiento de la probabilidad.

Fuerza: La fuerza es el grado de asociación lineal de las dos variables. Un coeficiente de correlación de 0.52 es un coeficiente con “fuerza” media y por lo general muestra un diagrama de dispersión en donde la distancia entre cada punto es intermedia. Ver Gráfica 5.

## 1. Resultados esperados

Tabla 62, Probabilidad de riesgo proyectado al año 2012

Probabilidad de riesgo proyectado	
X	Y
2012	5,16%
2013	5,33%
2014	5,51%
2015	5,69%
2016	5,87%

La Tabla 39 muestra los valores anuales de probabilidad de riesgo pronosticados para los siguientes cinco años consecutivos, según la ecuación que modela la relación entre los valores históricos investigados en este reporte.

De acuerdo a resultados, los valores de probabilidad de riesgo van aumentando conforme aumente el año (relación de regresión positiva) sin embargo, el aumento entre año y año no es alto, por lo tanto podríamos considerar que el rango de valores en los que oscilará el probabilidad de riesgo para los próximos años es de (5.16%,5.87%). La amplitud el rango es de (0.71%).

Un rango de 0.71% de aumento de probabilidad de riesgo en cinco años consecutivos conduce a pensar que las condiciones climáticas permanecerán muy similares durante este periodo de tiempo y que la persona que decida aceptar un riesgo anual de 5%, sufrirá un riesgo muy similar el próximos años.

Es importante mencionar que se decidió analizar únicamente los próximos cinco años debido a que las condiciones climáticas no pueden pronosticarse por un periodo muy largo de tiempo. Esto se debe a que las condiciones naturales pueden cambiar drásticamente en cualquier momento debido a factores como la contaminación ambiental, tormentas tropicales, etc. Las temperaturas de invierno y verano de hace 20 años, son muy distintas a las temperaturas registradas en estos últimos años. Es por eso, que utilizar este modelo para predecir la probabilidad de riesgo a más de cinco años nos daría como resultado valores que no reflejan la realidad.

Como cualquier regresión lineal, no existe una relación matemática exacta entre las variables. Si entre estas dos variables existiera una relación lineal perfecta, entonces todos los puntos caerían a lo largo de la recta mostrada en color rojo en la Gráfica 3. Esta recta representa la relación promedio que existe entre las dos variables. Por lo tanto los resultados obtenidos en la Tabla 22 son aproximaciones a los valores reales que pueden presentarse durante cada año.

## XIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El sistema de aireación que se implementó sirvió para proporcionar de aire al prototipo de biodigestor que se instaló en el parqueo de buses del Colegio Americano de Guatemala. El prototipo consistió de una pila estática, que en conjunto con el sistema de aireación forzada, tuvo la tarea de degradar desechos de jardinería cuya densidad es de 20.55 kg/m<sup>3</sup>.

Durante el transcurso de todo el proyecto, el biodigestor se sometió a dos etapas de aireación, en las cuales variaron las dimensiones de la pila y el tiempo de aireación al que se sometieron los desechos. Las dimensiones de la primera etapa fueron de 4.5m de largo x 1.5m de ancho x 0.8m de altura, teniendo ésta una configuración triangular como se muestra en la ilustración (pendiente) en la sección de metodología. Para la segunda etapa, la cual da inicio justo después de la primera, se modificaron tanto las dimensiones de la pila, disminuyendo su longitud a 1.8m y aumentando su altura a 1m. El ancho de la pila no sufrió ninguna modificación a lo largo de todo el proyecto. Debido a la reducción de la longitud de la pila, fue necesario realizar modificaciones al tubo de aireación para utilizar únicamente la mitad de los agujeros comparado con la etapa inicial.

La velocidad de salida en los agujeros no fue uniforme a lo largo de toda la sección del tubo en ninguna de las dos etapas. En los agujeros iniciales, fue en donde se obtuvo la velocidad más baja, aumentando ésta hacia el final del tubo. Esto se debe a que el flujo busca la salida de menor restricción, por lo que cuando llega a los agujeros iniciales, todavía debe recorrer gran parte del tubo, por lo que únicamente una pequeña cantidad de aire logra salir por estos agujeros. De igual manera la medición de presión estática dio el resultado más bajo en este tramo del tubo.

Aproximadamente a la mitad, en el segundo punto de medición, se dio un aumento considerable de velocidad, de igual forma aumentó la presión estática. En el punto final o en la parte más alejada del tubo fue donde se registró la

velocidad más alta de salida, esto debido a que cuando el flujo choca con el tapón busca por donde salir inmediatamente, haciendo que la gran mayoría de flujo escape por los agujeros más lejanos al motor. Por consiguiente el valor de la presión estática en este punto fue el mayor. Para obtener el caudal, se utilizó el área total de todos los agujeros y ya con esto se usaron las velocidades en cada punto para obtener un aproximado del caudal en cada uno, sin embargo se utilizó el área total de los agujeros en vez de 1/3 de la misma, a fin de verificar cual sería el punto más crítico, con menos flujo y presión de la sección del tubo, dando como resultado el más cercano al motor. Para fines prácticos se obtuvo el caudal promedio del tubo, a fin de tener un parámetro estándar de aireación a una presión estática promedio.

La segunda etapa de la prueba se comportó de manera similar, con la diferencia que las velocidades de salida en los puntos era mayor, debido a que la misma cantidad de aire debía ser expulsada por la mitad de los agujeros, dando como resultado una velocidad de flujo y presión estática promedio mayores.

Finalmente se obtuvo la cantidad de materia que podía vencer la presión estática promedio en el agujero más crítico, situado en medio del tubo sobre el punto más alto de la pila, modelando la cantidad de materia sobre el agujero como un cilindro y obteniendo la longitud del mismo. Esto se puede observar en la figura (pendiente) de la sección de metodología.

Los resultados muestran que el soplador no fue capaz de vencer la altura total de la pila, en ninguna de las dos etapas (0.4m y 0.5m respectivamente), aireando de manera forzada únicamente la mitad de la materia. Lo que resta de desechos, se logró airear de manera natural y se benefició de los volteos que se le hicieron a la pila en ambas etapas. Se logró satisfactoriamente la producción de compost luego de 47 días en la primera etapa, a una tasa de aireación de 3 min/h; y 18 días en la segunda etapa a una tasa de 10 min/h.

La temperatura como tal no la podemos manipular, ya que ésta es un resultado de la descomposición y degradación que se genera a causa de una actividad microbiana, causada por las bacterias termófilas sobre la materia orgánica y a la suministración de aire sobre el biodigestor. Esta actividad produce una liberación de energía proveniente de la reproducción de los microorganismos, misma que genera una reacción exotérmica, siendo esta reacción, la causa de la elevación de temperatura en el biodigestor.

Debido a que se escogió un proceso aeróbico para la generación de compost, se necesitan brindarle al biodigestor las condiciones necesarias para la degradación y descomposición del material. Esas condiciones radican en las dimensiones del biodigestor, la cantidad de aire suministrada al biodigestor, la cantidad de nutrientes de la materia orgánica y la inyección de agua al biodigestor. Como se mencionó no podemos generar calor, porque es una reacción de las bacterias, pero si monitorear la temperatura. Al poder registrar los cambios de temperatura en el biodigestor, por medio de un termómetro de vástago, podemos saber qué está sucediendo biológicamente, si existe actividad microbiana o no. La generación de calor, registrada por medio de temperatura, indicó si las condiciones para las cuales se operó el biodigestor, fueron las correctas para la proliferación de bacterias termófilas. Entre mayor temperatura se genere, mayor será la necesidad de aire en la pila.

A la hora de buscar la localización óptima del biodigestor, se tienen que tomar en cuenta los factores siguientes: condiciones climatológicas (calor y frío), grado de inclinación del suelo (flujo de agua en exceso), calidad (nutrientes) del suelo sobre el cual se instalará el biodigestor y la porosidad de la misma (absorción de agua y nutrientes).

Las dimensiones de la etapa #1 del biodigestor fueron de 4.50m de largo, 1.50m de ancho y 0.80m de altura, para un volumen de compostaje de 2.7m<sup>3</sup>. Estas dimensiones se basaron en el ancho mínimo de 1.0m, alto mínimo de 0.5m y largo mínimo de 1.0m, ya que un biodigestor con medidas menores a

estas, no puede proveer el volumen suficiente para poder crear una capa aislante del entorno hacia el biodigestor. Al no poseer esta capa aislante, el calor se pierde por medio de convección hacia el ambiente y no brinda la estabilidad que necesitan las bacterias termófilas, respecto a sus condiciones de supervivencia. Entendiendo como supervivencia la necesidad de alimento, aire y temperaturas superiores a los 20°C.

La materia orgánica principal del biodigestor constaba de materia orgánica verde en su mayoría hojas secas, un 63% de toda la materia orgánica verde a compostar. Materia que teóricamente posee una relación C/N promedio de 54%C/1%N, lo que hace que el proceso de descomposición sea muy lento, debido a la alta cantidad de Carbono que posee este tipo de basura. Lo que se buscó en la etapa #1, fue la relación óptima de C/N, es decir 25%C/1%N, para lograr esta relación se agregó urea, 0.001 kg urea/ kg de material a compostar, aproximadamente, el día de inicio de la etapa #1, este es un fertilizante químico, que es esencialmente Nitrógeno, 1%C/75%N. La administración de este compuesto fue sencilla debido a su característica de fluidez, que le provee la habilidad de poder pasar por cualquier orificio o agujero por más pequeño que este sea, gracias a esta característica no fue necesario revolver todo el biodigestor para que se mezclara y llegara a todas partes. Este fertilizante ayudó a tener una relación teórica promedio de 27%C/1%N, que se obtuvo de la suma de la materia verde (54%C/1%N) mas la relación de la urea (1%C/75%N), desde el día de inicio, 28/03/2011, principio de la etapa #1, relación cercana a la ideal. Siendo esta relación más adecuada, que la que posee por naturaleza nuestra materia orgánica a compostar. Esta relación aceleró el proceso de compostaje y como consecuencia se obtuvo un factor ideal de 27%C/1%N para generar un compost de una manera más rápida que la promedio, que es de 6 meses para una pila estática con material orgánico verde.

Las condiciones a las cuales se operó el biodigestor en la etapa #1, fueron de: una tasa de aireación de 4.35 m<sup>3</sup>/hora continuos, la inyección de agua a razón de 0.002m<sup>3</sup> de agua/m<sup>3</sup>de desecho aproximadamente los lunes,

miércoles y viernes que duro la etapa y 3 volteos alrededor de cada 13 días, condiciones como se presentan en la Tabla 2. Los volteos se utilizaron para obtener una mayor temperatura y para homogenizar la materia verde. Estas condiciones en la etapa#1, mostraron un aumento en la temperatura de 10°C, con base en la temperatura máxima y mínima, en el centro del biodigestor. La temperatura máxima alcanzada por la etapa #1 fue de 28°C, el día 06/05/2011, esta temperatura se mantuvo constante durante los siguientes 8 días, hasta el 13/05/2011. Esta se dio en el centro del biodigestor, ya que por su localización dentro del prototipo, es el área que se encuentra rodeada de material orgánico, material que funciona como un aislante del entorno y no deja escapar el calor. La razón de los volteos que se realizaron fue la de poder generar temperaturas, cada vez que la temperatura registrada se queda constante en un valor por debajo de la temperatura ambiente, la cual fue de 21°C para el período de operación de la etapa #1. Este aumento fue un indicador de que las condiciones para la etapa #1 eran, sino las óptimas, una buena referencia de los parámetros de operación a las que se tiene que trabajar. Esto para poder brindar las condiciones ideales a los microorganismos para su reproducción, misma que se ve reflejado en el aumento de temperatura.

Las diferentes razones por la cuales no se pudo llegar a temperaturas más altas, mayores a 28°C, se debe a que la cantidad de aire suministrada no fue suficiente, en el rango de 125m<sup>3</sup>/día a 500m<sup>3</sup>/día y que la demanda de oxígeno requerida por las bacterias, no fue abastecida por el biodigestor, ya que solamente se le suministró 104.4m<sup>3</sup>de aire/día. Al no cumplir con la demanda de oxígeno por medio de la aireación, los microorganismos se morían por ser dependientes del mismo y como consecuencia la disminución en la temperatura del biodigestor. La otra razón fue la poca cantidad de nutrientes que proveía la materia orgánica verde utilizada, al carecer de una diversidad de nutrientes como Fósforo, Potasio, Magnesio entre otros, el proceso de compostaje se ve detenido por falta de elementos que enriquecen la materia orgánica verde y además de enriquecerla le brindan estabilidad al producto final. La estabilidad que le brindan

otros elementos, se debe a que le quitará la dependencia directa que posee la relación C/N sobre el proceso de compostaje.

Existió un período de transición entre la etapa #1 y etapa #2, esta duró 4 días y fue del día de finalización de la etapa#1, 14/05/2011, al inicio de la etapa #2, 18/05/2011. En este período de transición, se consiguió el fertilizante orgánico, vermicompost. Fertilizante generado con gallinaza y mediante un compostaje de lombrices. Durante este período de transición no hubo suministración de aire, así como tampoco de agua, como consecuencia, no hubo generación de calor y la temperatura en el biodigestor bajo a la temperatura ambiental, 19°C.

Como se mencionó en la etapa #1, no podemos manipular la temperatura, pero si monitorearla. Se registraron los cambios de temperatura en el biodigestor, que se dieron a causa de nuevas condiciones de operación para el biodigestor. Las condiciones para las cuales se operó el biodigestor para la etapa #2, fueron de 1.80m de largo, 1.50m de ancho y 1.00m de altura, para un volumen de compostaje de 1.35m<sup>3</sup>. Estas dimensiones se basaron en la etapa #1, lo que se hizo fue aumentar el ancho en un 6.66%, aumentar la altura en un 20% y disminuir en un 40% el largo, ya que lo que se buscó fue una mayor generación de calor y para hacer esto, se acumuló la materia previamente procesada de la etapa #1 para cumplir con las nuevas dimensiones de la etapa #2. La razón es que la materia orgánica a compostar en el biodigestor debe de estar lo más compacta posible, para así poder crear una sistema aislante y poder conservar el calor dentro del biodigestor.

La relación C/N inicial promedio del material orgánico para la etapa #2, es igual a la relación C/N de la etapa #1, ya que es el mismo material orgánico. La relación es de (27%Carbono)/ (1% Nitrógeno). En la etapa #2 se utilizó un fertilizante orgánico, vermicompost, aplicando una capa superficial de 10 cm sobre todo el biodigestor. Esta decisión se tomó para tener un producto de mejor calidad y también porque este tipo de producto ya sufrió un proceso similar de

descomposición y degradación de material orgánico. Este fertilizante es resultado de una descomposición y degradación por medio de gusanos, a un material orgánico, en este caso gallinaza. Debido al proceso que sufrió este tipo de material posee más factores biológicos y más nutrientes que nos ayudaron a generar una mayor cantidad de calor, teniendo como consecuencia una mejor degradación del material verde. Estos factores biológicos, como lo son bacterias termófilas, encargadas de la descomposición y degradación de la materia, así como los nutrientes, Potasio, Fósforo y Nitrógeno que posee este fertilizante, se transmitirán por medio de lixiviación hacia la materia orgánica verde que se posee en la prueba #2, gracias a que la inyección de agua, 0.001 m<sup>3</sup> de agua/m<sup>3</sup> de desecho aproximadamente, transportará los microorganismos y los nutrientes hacia la materia verde.

Las condiciones a las cuales se operó el biodigestor en la etapa #2, fueron de: una tasa de aireación de 14.50 m<sup>3</sup>/hora continuos, la inyección de agua a razón de 0.002m<sup>3</sup> de agua/m<sup>3</sup>de desecho aproximadamente, los lunes, miércoles y viernes que duro la etapa y ningún volteo, condiciones como se presentan en la tabla 5. Estas condiciones en la etapa#2, mostraron un aumento en la temperatura de 10°C , en base a la temperatura máxima y mínima, en el centro del biodigestor. La temperatura máxima alcanzada por la etapa #2 fue de 41°C, el día 23/05/2011, esta temperatura se mantuvo constante durante los siguientes cuatro días, hasta el 26/05/2011. Esta se dio en el centro del biodigestor, ya que por su localización dentro del prototipo, es el área que se encuentra rodeada de material orgánico, material que funciona como un aislante del entorno y no deja escapar el calor. La temperatura ambiente, fue de 21°C para el período de operación de la etapa #2. Este aumento instantáneo fue un indicador de que las condiciones para la etapa #2 eran las óptimas para la operación del biodigestor, una tasa de aireación de 14.50 m<sup>3</sup>/hora continuos, la inyección de agua a razón de 0.002m<sup>3</sup> de agua/m<sup>3</sup>de desecho aproximadamente, la relación casi ideal de 27%C/1%N y la capa de 10cm de vermicompost. Estos parámetros de operación brindaron las condiciones ideales a los microorganismos para su

reproducción, misma que se ve reflejada en el aumento de temperatura, dando como resultado una descomposición y degradación acelerada del material orgánico verde.

Las dos etapas generaron diferentes rangos de temperatura. Al generar temperatura se observa que las condiciones preestablecidas en la operación de las etapas, eran sino las óptimas, un buen rango de operación de las mismas y rangos que brindan un parámetros de operación concretos, en lo que respecta a la generación de compost a partir de materia orgánica verde.

La relación C/N del material orgánico final, después de suministrar urea 0.001 kg urea/ kg de material a compostar, aproximadamente a 2.7m<sup>3</sup> del biodigestor, para estabilizar la relación C/N en la etapa #1 y una capa de vermicompost de grosor 10cm , en la etapa #2, para brindarle nutrientes y factores biológicos, es de (31.6%Carbono)/ (1% Nitrógeno), dato proporcionado por la empresa “Soluciones Analíticas” del “Informe de análisis de abono orgánico”. Una relación C/N más alta en comparación a los cuatro abonos comerciales de la Tabla 10, esto se debe a que para la generación de compost a nivel comercial, no se utiliza una materia prima en específico, como lo fue en este caso, sino que el compost comercial está hecho de combinaciones de materiales orgánicos que se complementan entre sí, para brindar una gama distinta de nutrientes, mismo que hacen una descomposición y degradación más estable.

Lo que se muestra en la Tabla 10 son: cinco diferentes tipos de abonos, cuatro abonos comerciales y el abono producido en las instalaciones de la Universidad del Valle, por supuesto, todos ellos orgánicos. El abono 1 es producto de gallinaza, el abono 2 es producto de la planta Imperata, el abono 3 es producto de estiércol y plantas y el abono 4 de cascaras de camarón. Como se puede observar los rangos de los macro nutrientes (Potasio, Fósforo y Nitrógeno), no difieren en gran cantidad a los obtenidos mediante las etapas #1 y #2 del biodigestor. La composición de cada abono comercial nos da una idea de

lo que se encuentra comercialmente y así poder comparar el obtenido por el prototipo con el comercial. Esto con la finalidad de poder determinar la calidad del compost, en base a la cantidad de nutrientes y a las diferentes características tanto químicas como físicas de los diferentes tipos de compost. No se puede determinar si es mejor o no a otros compost, ya que cada compost, fue sometido a diferentes procesos de descomposición y degradación. Los resultados obtenidos en el análisis del compost generado en la UVG, están dentro de un rango aceptable, en lo que concierne a composición química de los compost comerciales.

Las dimensiones finales del biodigestor que comprendieron la etapa #1 y etapa #2 fueron de 1.50m de largo, 1.80 de ancho y 1.05m de altura, para darnos un volumen de 1.42m<sup>3</sup> de compost, con una densidad de 441.5m<sup>3</sup>/kg. Compost producido por desechos orgánicos verdes de la UVG. Básicamente son las mismas dimensiones de la etapa #2, lo único que cambia es la altura en 0.05m, este aumento en la altura se debió a la adición de la capa superficial de vermicompost de 10cm.

El proceso de descomposición y degradación de materia orgánica se dio gracias a que el tipo de material que utilizamos no poseía patógenos, esto quiere decir que no posee elementos dañinos hacia la tierra. La razón por la cual no se poseen patógenos en el biodigestor, es por el tipo de materia (desechos verdes) y por esto no fue necesario llegar a temperaturas tan altas que es en donde se destruyen cualquier semilla, malas hierbas o patógenos. Por esto no fue necesario alcanzar las temperaturas en el rango de 55 °C a 65 °C y con 41°C constantes durante un período de cuatro días en el biodigestor, fue suficiente en lo que respecta a descomposición, degradación y homogenización del material orgánico.

Al momento de triturar se notó que el material se atascaba muy fácilmente y que se necesitaba de dos o tres personas para hacer más eficiente el proceso, ya que una persona debía estar empujando la materia con un palo de madera

hacia dentro de la trituradora, la otra cargando el material a la tolva y tercer persona preparando y separando pedazos de material que pudieran dar problema al ingresar a la trituradora. El tamaño de las partículas al ser expulsadas fuera de la máquina no siempre fue satisfactorio, ya que algunas veces la trituradora solo conseguía reducir a la mitad la partícula, siendo esta mayor a 50 mm de longitud; por lo que en estos casos el material se hacía pasar de nuevo por la TRAPP TR200.

El principal problema a la hora de triturar fue la falta de existencia de una clasificación inmediata mediante cribas o tamizadoras que nos separara el material aceptable, permitiendo tener el material no aceptable, listo para pasar nuevamente por la máquina trituradora.

La trituradora TRAPP tiene ciertas características que se deben aclarar. Es una máquina que en la mayoría de los casos reduce el tamaño de la materia con una relación de reducción igual a 2.5:1, lo cual es poco, debido al poco tiempo de permanencia del material dentro de la cámara de trituración. Esta máquina se traba con facilidad por su baja potencia y por el tipo de material usado, ya que este puede presentar un comportamiento dúctil y puede llegar a ser extremadamente difícil de cortarlo o fragmentarlo debido a su nivel de elasticidad al presentar un porcentaje de humedad elevado, mayor al 30 %.

Se logró mantener las partículas trituradas dentro del rango establecido, prefiriendo un tamaño menor ya que nos dio una ventaja a la hora de la descomposición, porque permitió un incremento del área de ataque de los microorganismos y por lo tanto una disminución del tiempo del material dentro de la pila. También se cuidó el no triturar en exceso el material ya que podía ser contraproducente, porque al estar muy fino se crea una masa de material al ser humedecido, la cual no permite una buena infiltración del aire, causando problemas en tiempos de descomposición debido a la falta de oxígeno.

Cuando se trituro el material el volumen obtenido de materia a compostar era de 25.8 m<sup>3</sup>, por lo que se decidió regar el material con 2 litros de agua por

metro cubico para lograr compactarlo en la mayor proporción al acomodarlo en forma de pila. Para esto se agregaron 52 litros de agua al volumen total. El material presento una disminución inicial considerable con la trituración y el agua igual a  $23.1 \text{ m}^3$ . El volumen continuó bajando conforme el transcurso de las semanas hasta llegar al volumen final de  $1.35 \text{ m}^3$ .

## XIV. PREPARACIÓN DE MATERIALES

En esta parte del trabajo se contempla la recolección del desecho producido, el almacenamiento, de ser necesario y la preparación del desecho orgánico para formar la pila. Existe un amplio rango de desechos orgánicos utilizables para el compostaje. En nuestro proyecto se utilizó solamente desecho de jardinería que contenía hojas secas y fibras de pino secas, ramas pequeñas, césped de jardín y campos y algunas plantas ornamentales. Nuestros desechos se categorizan por incrementarse durante la época de invierno y reducirse durante el verano. Algunos desechos que no aplican en nuestro caso se generan de manera infrecuente; ejemplos son frutas frescas disponibles sólo en su estación y materia que aparece en tiempo de cosecha. Entre los materiales generados continuamente se encuentran los desechos de animal, tierras cloacales y basuras urbanas.

Las pilas de compostaje se pueden preparar de forma continua o discontinua. Esto depende principalmente de la cantidad de desechos. Por lo tanto, quizá sea necesario almacenar los desechos, esto se debe hacer de manera adecuada para que la mayor parte de la descomposición se dé en la pila de compostaje, ya que la descomposición prematura no es beneficiosa para un compostaje efectivo. Además, si se almacenan desechos con riesgo de pudrirse, se deberá realizar con cuidado, para evitar los malos olores, la atracción y reproducción de moscas y gusanos.

Algunos materiales no se encuentran en una forma adecuada para ser parte de una pila, por lo tanto se requiere de cierto grado de preparación antes de ser acumulados, a continuación se mencionan y explican los temas generales para el buen uso de la materia.

## A. Preparación

Los materiales destinados al compostaje deben ser recogidos a menudo de su lugar de origen lo más rápido posible, ya sea éste la casa, el campo, jardines, la ciudad o un establecimiento y ser transportados hacia el lugar de elaboración de la pila o al almacén temporal. Esto nos ayuda a reducir la descomposición, el lixiviado de nutrientes y el riesgo de malos olores y animales no deseados.

En nuestro caso el servicio de jardinería se encargó de recolectar y guardar el material en bolsas de plástico negras. Las bolsas se cerraban adecuadamente con un buen nudo, impidiendo la entrada de aire y por lo general los desechos estaban secos y se dejaban en un lugar fresco.

## B. Almacenamiento

Generalmente es necesario almacenar los materiales para llegar a juntar la cantidad deseada para armar la pila de compostaje. En nuestro caso fue necesario almacenar los materiales durante períodos de tiempo de una a dos semanas. El material se almacenó en bolsas plásticas negras y se tomaron las medidas necesarias para evitar la descomposición prematura. Para minimizar la descomposición se tiene que mantener el material frío y seco y se debe prevenir en lo posible la entrada de aire.

Cuando se manejan materiales con alto riesgo de pudrición, como desechos de frutas y vegetales, estos se pueden almacenar en una fosa, pero lo más aconsejable es en un recipiente sobre el suelo por las lluvias. Estos se deben cubrir para evitar las moscas y la entrada de agua. Este material produce un líquido, que contiene nutrientes útiles, los cuales hay que preservar.

Si se maneja mucho material verde, como malas hierbas, abono verde o especialmente hierbas acuáticas; estos se deben exponer al sol y dejar marchitar

el material verde, como mínimo durante dos días para reducir su humedad. Luego se proceden a almacenar cubiertos. Se recomienda mantener y secar el material lo más posible para que sea fácil de triturar posteriormente.

Los materiales muy duros y leñosos, como el aserrín, la madera, las virutas y los tallos, deben ser almacenados en una caja o fosa de compostaje con un poco de suelo y mantenidos bien húmedos. Esto logrará incrementar el porcentaje de humedad en el material, siendo más fácil de compostar. En nuestro proyecto utilizamos mucha rama pequeña de menos de medio centímetro de diámetro y fibras de pino que son de lo más difícil de compostar. Estas ramas se clasificaron visualmente y se dejaron ingresar las más pequeñas a la trituradora y las grandes se desechaban.

## C. Especificaciones

El tamaño de la partícula al ser ingresada a la pila para su compostaje debe estar por debajo de los 50 milímetros de su lado largo. El tamaño es un factor clave en el desempeño de la descomposición ya que el ataque de los microorganismos precisa de una gran área superficial. Algunos de nuestros desechos no tenían el tamaño adecuado por lo que se utilizó una trituradora, Marca TRAPP modelo TR200 eléctrica, para reducir el tamaño consiguiendo pedazos de material desde 0.5 cm<sup>2</sup> hasta un máximo de 10 cm<sup>2</sup> , si el material salía muy grande se pasaba nuevamente por la trituradora. Esto sucedió mucho con las fibras de pino ya que a veces no se cortaban. El material, por lo general estaba clasificado en las bolsas debido a que el jardinero recogía el material por áreas y sólo en ciertas bolsas venía mezclado, por ejemplo; se obtuvieron algunas bolsas solamente de hojas, solo de fibra de pino, sólo de grama y solo de plantas. Luego otras se encontraron mezcladas.

La preparación del material se puede llevar a cabo de distintas maneras. En el campo no es frecuente la energía eléctrica para accionar una cortadora mecánica, por lo tanto se pueden cortar con picadoras manuales, siempre con la ayuda de un machete para los materiales leñosos o fibrosos. Otra opción es conseguir máquinas accionadas por combustible, diesel o gasolina.

Los materiales leñosos duros y secos, materiales como el papel necesitan ser humedecidos antes de ser ingresados para su compostaje, esto se puede hacer como se menciona en la sección de almacenamiento o bien se pueden meter a remojo en agua, uno o dos días antes de ser usados.

En nuestro proyecto no se utilizaron los desechos de los basureros comunes de la Universidad ya que solo el 2 % de los mismos era materia degradable, el otro 98 % contemplaba todo tipo de plástico, metal, vidrio y material no utilizable. De haber sido más alto el primer porcentaje se hubiera podido tratar los desechos de dos maneras. La primera es asignarle el trabajo a una persona de separar manualmente los descomponibles y la segunda técnica es compostar la basura en su estado original y eliminar después el material que no interesa. Este material incompustable se puede separar del compost principalmente por cribas o tamizadoras vibratorias.

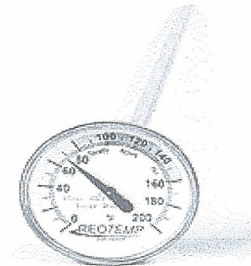
## XV. CONTROL DE LAS VARIABLES CRÍTICAS

### A. Temperatura

La temperatura es una variable que se debe controlar desde el inicio de la formación de la pila con un termómetro. Esta variable es una de las más importantes ya que es la que nos indica que proceso de descomposición está experimentando la pila y si vamos por el camino adecuado.

Para la medición de la temperatura se compró un termómetro marca REOTEMP especial para compostaje casero con un vástago de 50 centímetros, con lectura de aguja y fabricado con acero inoxidable, Figura 12. Este termómetro está en la escala de grados Fahrenheit.

Ilustración 59, Termómetro utilizado



Fuente: propia

El uso adecuado del termómetro es importante para obtener mediciones confiables. A continuación se dan unas sugerencias y formas de uso:

- Se debe siempre llevar el termómetro dentro de su caja para evitar cualquier daño a la pantalla o al vástago.
- No se debe dejar caer al piso, ni insertar bruscamente en la tierra ya que puede deformarse o quebrarse.

- Las mediciones de preferencia deben tomarse a la misma hora todos los días, debido a que las condiciones ambientales cambian afectando ligeramente la pila.
- Se debe insertar el termómetro en la pila, teniendo en cuenta que la parte del termómetro que mide la temperatura son las dos últimas pulgadas de la punta. Es importante saber esto ya que la mayor temperatura se encuentra en el centro a lo largo de toda la pila y así uno puede calcular que la punta del termómetro quede donde debiera y no en las afueras.
- Para obtener una medición es suficiente dejarlo un minuto en el material.
- El termómetro se deberá lavar con agua y secar después de la última medición.
- Se puede obtener un valor de la temperatura ambiente también con este termómetro, aunque no sea el indicado, pero se deberá dejar por lo menos 5 minutos al aire libre seco y limpio para obtener una buena medición.
- Las mediciones se deberán hacer de preferencia todos los días antes de regarla para así tener una buena medición, ya que al mojarla la temperatura desciende algunos grados.

Los datos obtenidos se deberán tabular y graficar.

## B. Porcentaje de humedad

La humedad es la otra variable que se debe considerar, ya que si no se le agrega agua, debido al calor generado, esta se evapora y si el porcentaje de humedad se reduce por abajo del 30 %, el tiempo de descomposición de la materia aumenta o puede hasta detenerse totalmente. Por esta razón, las pilas de compostaje consumen una gran cantidad de agua. Para nuestro proyecto se utilizaron alrededor de 180 litros en total. Éste es un número aproximado que se

detallara más adelante, ya que no siempre por condiciones ambientales la pila necesitaba la misma cantidad de agua y las necesidades de agua varían, con una necesidad mayor al inicio. A continuación se dan algunos pasos a seguir para el regado de la pila de compostaje.

Se necesita verificar la humedad antes de regar la pila, ya que así podemos estimar que tanta agua debemos aportarle. Esto es por prueba y error; conforme se hacen las mediciones de la humedad, podemos ir generando una tabla sobre el volumen de agua que necesita.

Para el control de humedad se puede aplicar el siguiente procedimiento empírico:

- Tomar con la mano una muestra de material.
- Cerrar la mano y apretar fuertemente.
- Si con esta operación verifica que sale un hilo de agua continuo del material, entonces podemos establecer que el material contiene más de 40 % de humedad.
- Si no se produce un hilo continuo de agua y el material gotea intermitentemente, podemos establecer que su contenido de humedad es cercano al 40 %.
- Si el material no gotea y cuando se abre la mano y el material permanece moldeado, estimamos que la humedad se presenta entre un 20 a 30 %.
- Finalmente si se abre la mano y el material se disgrega, asumimos que el material contienen una humedad inferior al 20 %.

Está la opción también de agregar específicamente 2 litros de agua por metro cúbico de material si no se cuenta con equipo y utilizar la prueba empírica descrita anteriormente.

El porcentaje de humedad exacto se puede verificar con un aparato especial o por medio de un procedimiento que se describe a continuación:

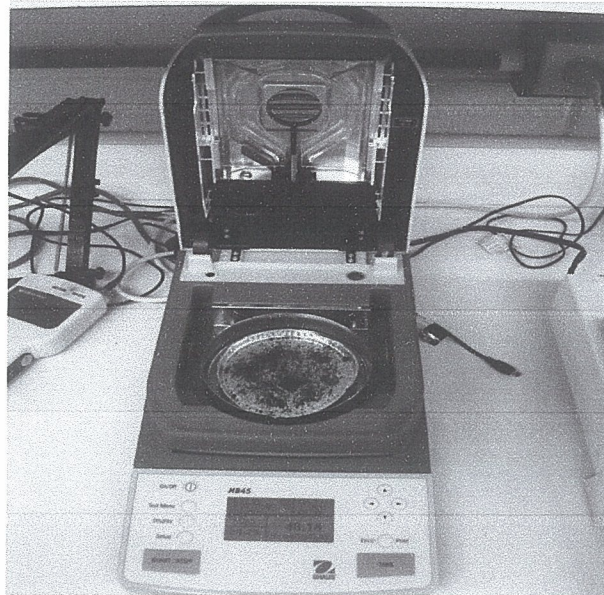
- Tomar una muestra del material antes de regar y colocarlo en una bolsa hermética.
- Se debe pesar la muestra.
- Introducir la muestra en un recipiente apto para horno y proceder a secar la muestra.
- Luego de un secado completo, dependiendo de la temperatura del horno, se retira la muestra.
- Se vuelve a pesar la muestra pero ahora completamente seca.
- Se calcula el porcentaje de humedad dependiendo del peso que haya perdido en relación al peso total de la muestra.
- Se desecha la muestra.

La Universidad del Valle cuenta con equipo especial para mediciones de porcentajes de humedad. La máquina se muestra en la figura 60, su ubicación es en el laboratorio de química.

Ilustración 60, Equipo para medición de humedad marca OHAUS.



Ilustración 61, Equipo abierto



En la Figura 60, se muestra el equipo abierto y su funcionamiento es muy sencillo. La máquina obtiene la masa inicial de la muestra y por medio de una luz incandescente y un ventilador en la tapadera, la muestra se seca lentamente. Al suceder esto la misma máquina empieza a registrar la disminución de masa (perdida de agua) y en la pantalla se nota como empieza a variar el porcentaje de humedad. Este porcentaje empieza en cero y rápidamente comienza a subir hasta que llega a un punto donde su incremento brusco cesa ya que la humedad en el material es menor y el equipo tarda más en registrar una pérdida de masa. Entre 40 - 60 minutos es suficiente para tener un valor bueno, ya que en este punto el porcentaje empieza a variar solo en decimales y su incremento es muy lento. Éste es el punto donde se debe detener el análisis y obtener una medición.

## XVI. MANUAL DE FABRICACIÓN DE COMPOST

(Colaboración de Albert Ferraté)

Este manual de fabricación de compost contempla el proceso global de producción de compost. Estas se dividen de la siguiente manera. Equipo necesario, instrucciones de montaje, procedimiento de recolección y almacenamiento de desechos, instrucciones de operación del equipo, instrucciones para control de variables, instrucciones de volteos e instrucciones de colecta y distribución producto final. Se pretende que estas instrucciones ayuden en el proceso de producción de compost a cualquier individuo que cumpla con las características y especificaciones dadas en esta sección.

### A. Equipo necesario

- Equipo de trituración: Utilizar trituradora con capacidad similar a 6.5m<sup>3</sup>/hora. Que sea capaz de reducir el tamaño de la materia prima, proporcionando partículas con lados inferiores a 50 milímetros. (Recomendación TRAPP TR200)
- Equipo de ventilación, motor y soplador: Utilizar un soplador con un motor capaz de proporcionar 1.45 m<sup>3</sup>/min, junto con un temporizador para programar el sistema. (Soplador Dayton Modelo 2C863, impulsado por motor Dayton Modelo 3ZP92 de ¼ hp (186 W) a 1400-1800 rpm de 115 voltios.)
- Conectar la salida del soplador a un tubo perforado de pvc con diámetro de 6 pulgadas (15.24 cm.) y 5 metros de longitud.
- Para riego: Utilizar un recipiente con capacidad de 2 litros.
- Cuatro láminas galvanizadas calibre 20, 0.91m de ancho por 1.82 de largo.

- Blocks para delimitar la pila (barrera física para que no se desborde la materia): Con dimensiones de 20 x 15 x 40 cm. (25 blocks)
- Material protector de nylon para cubrir la pila.
- Pala para manipular el material.
- Cedazo CS30 de 0.0762 cm (0.03 pulgadas) para cubrir el tubo de ventilación.

## B. Instrucciones de montaje

- Equipo de ventilación: 1. Se debe contar con una base para montar el conjunto motor-soplador. 2. Se le adapta el temporizador al motor. 3. Se instala la tubería de acople que va al tubo principal, compuesta por el tubo de acople y los codos a 90 grados. 4. Finalmente se instala el tubo de ventilación, con su tapón, siendo este previamente agujereado según la configuración presentada en el apéndice.
- Trituradora: Estas ya vienen listas para usarse, solo se requiere de una fuente de energía para utilizarla.
- Pila: De primero se colocan las láminas en el suelo entrelazadas y luego se delimita el área de la pila con blocks para conseguir un área de 1.5 m de ancho por 4.5 metros de largo. Los blocks deben quedar encima de las láminas.

## C. Procedimientos de recolección y almacenamiento de desechos

- Los jardineros realizarán mantenimiento de áreas verdes. Luego ellos recolectan los desechos de jardinería y los introducen en

bolsas estándares alrededor de 113 litros (30 galones) plásticas. Estas bolsas serán trasladadas al área designada para su almacenamiento.

- Los encargados del proyecto de compost deberán asegurarse que las bolsas estén debidamente cerradas, para evitar la entrada de aire y que estas estén en un lugar fresco donde no les pegue el sol.
- Al haber juntado por lo menos 63.2 bolsas, con las siguientes características, se procede a triturar el material:

## D. Instrucciones de operación del equipo

Trituradora TRAPP TR 200:

Ya con la pila y el equipo montado se procede a triturar el material.

- Mover la trituradora para que la boca de salida de material apunte directo hacia dentro de la pila.
- Usar equipo de protección personal. Guantes, anteojos y tapones para los oídos ya que la materia utilizada puede lastimar las manos, puede existir la proyección de partículas y la trituradora produce un nivel de ruido que es molesto.
- Agregar el material por la tolva superior y con un palo de madera empujarla por el cilindro, ya que ésta puede presentar dificultad para entrar.
- La trituración de los desechos debería reducirá el tamaño de las partículas por lo menos a la mitad. Ningún lado de las partículas deberán exceder los 50 mm (5 cm), si esto sucede se recomienda triturar otra vez el material.

- Se debe humedecer y homogenizar manualmente el material triturado, para conseguir una buena distribución y compactación inicial del material en la pila. Esto se logra agregando 1 litro de agua por cada lote que sale de la trituradora a partir de una bolsa de (30 gal) y mediante el uso de una pala para homogenizar el material.
- Durante la primera semana se debe agregar .56 kg de urea disuelto en 6 litros de agua.
- Si se presenta algún atascamiento se deberá apagar la máquina y desconectarla de la fuente de energía. Luego se abre la tolva y se remueve el material atascado.
- Si el material introducido está muy húmedo se debe destapar la máquina cada hora de operación para limpiarla del material pegado en las paredes internas de la cámara de trituración.

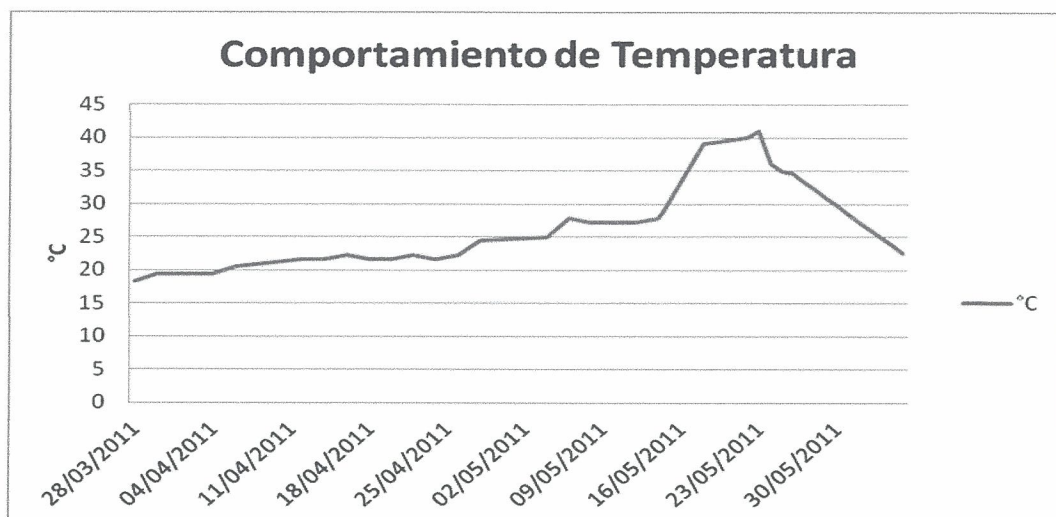
#### Ventilador:

- El ventilador es activado mediante un temporizador que se debe programar para que inyecte 348 m<sup>3</sup> aire/día, esto equivale al trabajo de 10 min/hora de parte del ventilador.
- No se necesita tener a una persona presente mientras está funcionando el ventilador.
- Seguir el control de mantenimiento para evitar fallas repentinas y no perjudicar el compostaje.

## E. Instrucciones para el control de variables

La temperatura se debe controlar tres veces por semana y documentarla adecuadamente para llevar un registro del cambio. Es importante llevar un registro de la gráfica.

Gráfica 6, Comportamiento temperatura estándar



La gráfica anterior nos muestra cómo puede variar la temperatura durante 65 días, aproximadamente diez semanas. El comportamiento de la temperatura debe ser similar al de la gráfica.

Durante el transcurso de las diez semanas se debe presentar por lo menos un pico de temperatura elevada, de 41 o más grados Celsius.

Se deberán hacer volteos cada trece días aproximadamente solamente durante las primeras siete semanas. Luego de 47 días de prueba se debe cubrir la pila con una capa uniforme de vermicompost, con un grosor de 10 cm.

El riego se debe trabajar de la siguiente manera: Al finalizar la trituración se deberá mojar la mezcla, se deberá agregar 2 litros (0.002 m<sup>3</sup>) de agua por metro cúbico de material que se vaya triturando.

Agregando también 2 litros (0.002 m<sup>3</sup>) de agua por metro cúbico de material para la etapa posterior a la trituración durante las 10 semanas.

Se puede utilizar la prueba empírica para determinar la humedad aproximada del material.

La última variable a controlar es la cantidad de aire inyectada a la pila por día. Esta se puede calcular tomando como base que el soplador proporciona 1.45 m<sup>3</sup>/min.

Se debe programar para que el ventilador funcione tres min/hora durante las 24 horas del día, durante las primeras seis semanas y el resto de semanas incrementarlo a 10 min/hora.

## F. Instrucciones de volteo

Para lograr un volteo efectivo se deberá seguir los siguientes pasos:

1. Destapar la pila y retirar los blocks de ambos lados de la pila.
2. Luego con una pala empezar a mover todo el material empezando por la capa superior de la pila hacia la par como para crear una pila paralela a la actual.
3. Luego se procede mover el material que está en el centro, el cual es el que presentara la mayor descomposición.
4. Luego se mezcla toda la materia de la pila paralela entre ella.
5. El material que queda a los costados del tubo, hasta abajo, se deberá colocar del otro lado de la pila.

6. Se vuelven a colocar los blocks.
7. Luego se empieza a echar el primer material removido de encima a los lados del tubo y encima del tubo y por último se coloca el material que esta del otro lado de la pila hasta arriba.

## G. Instrucciones de colecta y distribución del producto final

Al finalizar el proceso de compostaje y obtener el compost, este se deberá introducir en bolsas plásticas transparentes para su fácil transporte y almacenamiento.

Ya será por parte de los jardineros encargarse de distribuir el compost donde sea necesario mejorar la calidad de la tierra.

## XVII. CONCLUSIONES

- Empleando una relación de 54%C/1%N por cada kilogramo de material a compostar se reduce la relación carbono/nitrógeno a 31.
- Con una inyección de aire de 348m<sup>3</sup>/día se obtuvo una mayor degradación del material, generando una temperatura máxima de 41°C en el biodigestor.
- Con una inyección de agua de 0.002m<sup>3</sup> de agua/m<sup>3</sup> de desecho se proporcionó la humedad ideal al proceso de compostaje, ya que por medio de un test de humedad se obtuvo que era de un 50%, siendo el rango ideal de 40% a 60% de humedad.
- Para que el proyecto sea económicamente viable se deben producir 11,372 Kg por año.
- El clima de la Ciudad de Guatemala es ideal para producir abono durante los doce meses del año.

## XVIII. RECOMENDACIONES

Implementar el proyecto de generación de compost trae beneficios de gran impacto, para que éstos sean aún mayores, se recomienda contar con una fuente externa de desechos de jardinería para que la producción de abono sea mayor. Se recomienda utilizar los desechos generados por el Colegio Americano, lo cual duplicaría la cantidad la cantidad de materia prima óptima para la producción de compost.

Al finalizar este proyecto piloto, se puede recomendar que para próximas implementaciones exista una persona encargada del control químico del compost, para que éste pueda ser evaluado en todas sus etapas de degradación y conocer químicamente cuáles son sus componentes químicos principales y así poder determinar no solo la calidad del abono, sino también su contenido nutricional. De lo contrario, al finalizar el proceso de descomposición debe obligatoriamente realizarse un análisis de laboratorio en donde se describan las propiedades del compost. Esto con el fin de conocer su calidad y el contenido de nutrientes.

Se recomienda hacer, al menos una prueba más del proceso de descomposición completo, antes de implementar el plan semi continuo de producción. Esto con el fin de garantizar que el ciclo completo puede implementarse exitosamente y adaptarse a las condiciones climatológicas del lugar donde sea instalado el biodigestor. Si se desea implementar esta propuesta dentro de la UVG se recomienda, entonces, analizar los desechos de jardinería del CAG ya que esto aumentaría el volumen de materia prima y permitirá generar una mayor cantidad de compost. Además, por la cercanía de las instalaciones del CAG y la UVG, transportar los materiales de jardinería del CAG no representaría ningún problema. Al contrario, la cantidad de compost será mayor y los desechos de jardinería del CAG serían re aprovechados y utilizados con fines ambientales.

## XIX. BIBLIOGRAFÍA

1. AGEXPRONT. 1999. *Guía Práctica de Insumos Orgánicos*. Subcomisión de Ecológicos. Guatemala. 6 pp.
2. Bari, Q.H. and Koenig A. 'Effect of air recirculation and reuse on composting of organic solid waste' *Resources, Conservation and Recycling* (2001) 33: pag 93-111.
3. Bass, Larry; Bilderback T. E.; Powell M. A.; "Composting, A Guide to Managing Organic Yard Wastes". Office of Solid Waste Reduction, North Carolina Department of Environment, Health, and Natural Resources.
4. Bollen, W. B. 1969. *Properties of tree barks in relation to their agricultural utilization Portland, Oregon: USDA Forest Service*. Research Paper PNW-77. 36 p.
5. CONAMA- CONADESCO. Consejo nacional para el manejo de los desechos sólidos. 1999. *Manejo de desechos sólidos y educación ambiental en cabeceras departamentales y municipalidades de Guatemala*. Guatemala.
6. Cornell University. 1996. Ithaca, NY 14853. *Cornell Waste Management Institute*.
7. Craul, P.J. y Switzenbaum, M.S. 1996. *Developing biosolids compost specifications*. *BioCycle*. 37:44-47.
8. Clayton T. Crowe, Donald F. Elger, John A. Roberson, *Mecánica de Fluidos*, 2a ed. Grupo Editorial Patria, México 2007 Dalzel, H.W.; Biddlestone, A.J; Gray, K.R y Thurairajan, K. (1987). *Soil management: compost production and use in tropical and subtropical environments*. Rome: Tipo-lito Sagraf-Napoli.

9. Dalzel, H.W.; Biddlestone, A.J; Gray, K.R y Thurairajan, K. (1987). *Soil management: compost production and use in tropical and subtropical environments*. Rome: Tipo-lito Sagraf-Napoli.
10. Díaz-Barriga, Fernando. *Efectos en la salud asociados con la exposición a residuos peligrosos*. San Luis Potosí, 1996.
11. Epstein, E. "The science of composting" Technomic Publishing Co., Inc. USA (1997) pag 19-32.
12. Epstein, E. Wilson, G.B. Burge, W.D. Mullen, D.C. Enkiri, N.K. 1976. *A forced aeration system for composting wastewater sludge*. Water Pollution control Federation, 48:688-694.
13. Epstein, E. 1997. *The Science of Composting*. Technomic Publishing Inc., Lancaster, Pennsylvania, p. 83.
14. FAO 1991. *Manejo del suelo: producción y uso del composte en ambientes tropicales y subtropicales*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 177 p.
15. Farrell, M. 1998. *Composted biosolids are big plus to Ohio nursery*. BioCycle, 39:69-71.
16. Fernandes, L. Sartaj, M. 1997. *Comparative study of static pile composting using natural, forced and passive aeration methods*. Compost Science & Utilization, 5:65-77.
17. Feinstein, M.S. Morris, M.L. 1974. *Microbiology of municipal solid waste composting*. Advances in Applied Microbiology, 19:113-151.
18. Ferreria, João Alberto; Dos Anjos, Luiz Antonio. *Aspectos de saude de residuos sólidos municipales*. Río de Janeiro, 1996.
19. España (2008) Universidad Carlos III de Madrid, *Estadística Descriptiva con Excel 2007*, <http://www.casado-d.org/edu/ExcelED.pdf>
20. Garcia, D; Reseau, A; Garrues, J.A. (2010). *Energía de la biomasa*. España: Prensas Universitarias de Zaragoza.

21. Glenn, J. y Block, D. 1999. *MSW composting in the United States*. BioCycle, 40:42-48.
22. Glenn, J. Goldstein, N. 1999. *Food residuals composting in the U.S.* BioCycle, 40:30-36.
23. Glenn, J. Goldstein, N. Gray, K. 1998 *Nationwide overview of food residuals compsting*. BioCycle, 39:50-60.
24. Goldstein, N. Gray, K. 1999. *Biosolids. composting in the United States* BioCycle, 40:63-75.
25. Gray, K.R. Biddlestone, A.J. 1974. *Decomposition of urban waste*, p. 743-775. In: C.H. Dickenson and G.J.F. biology of Plant Litter Decomposition. Academic Press, London, United Kingdom.
26. Green, Smallwood,(1997), *Biología*, Publicaciones Culturales S.A., México D.F., 720 páginas
27. Guatemala (2011) Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) <http://www.insivumeh.gob.gt/inicio.html>
28. Guzman, Rodolfo. 2002. *El proceso de certificación de productos orgánicos*.
29. Landis, T.D.; Tinus, R.W.; McDonald, S.E. y Barnett, J.P. 1990. *The container tree nursery manual, Volume 2*. Agric. Handbk. 674. Washington DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 87 p.
30. Marroquin, Gilberto. 2001. *Manual de apicultura orgánica*. Guatemala. 10 pp.
31. Mena, R. Gustavo Eric. 2000. *Experiencias exitosas en el uso de plaguicidas naturales en la comunidad del cruce dos aguadas*. San Andrés Petén. Conservación International. CONAP, IDRC. Guatemala. 67 pp.
32. Merle C. Potter, David C. Wiggert, *Mecánica de Fluidos Aplicada*, 1998, 4a ed. Pearson

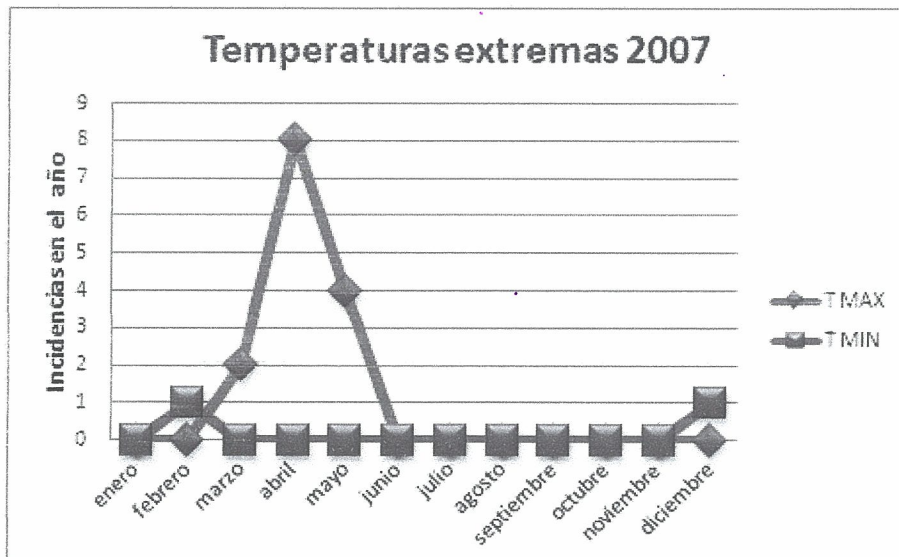
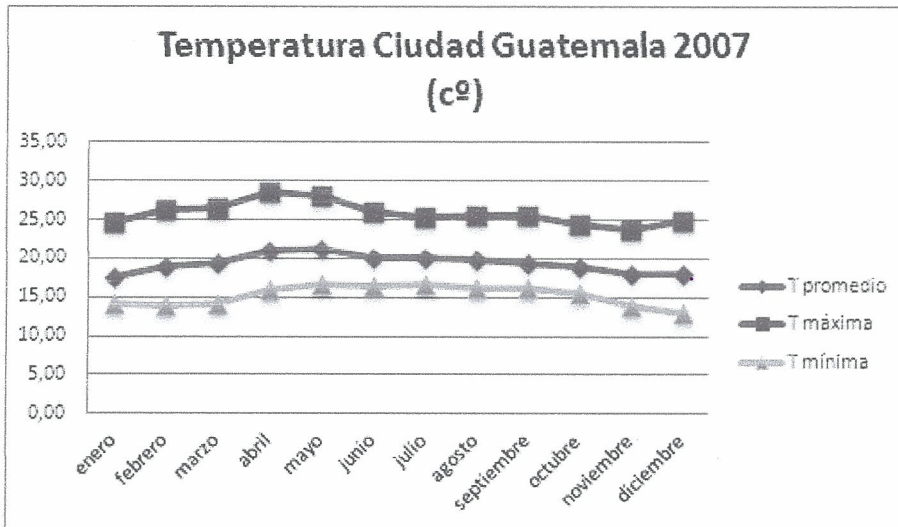
33. México (2010), *Definición ABC Términos Económicos*, <http://www.definicionabc.com/economia/amortizacion.php>
34. México (2010), Mi Tecnológico, <http://www.mitecnologico.com/>
35. Mills, Harry A., Jones, J. B. 1996. *Plant Analysis Handbook II*. Micro Macro. Publishing Inc. 257 p
36. Montgomery, Runger, (2007), *Probabilidad y Estadística*, LimusaWiley, México D.F., 817 páginas
37. OPS/OMS. Organización Panamericana de la Salud Organización Mundial de la Salud. 1999. *Análisis sectorial de residuos sólidos en Guatemala*. Serie Análisis Sectorial 6. Washington D.C.
38. Rolz, Carlos E, (2006), *Producción y características del compost elaborado de residuos orgánicos provenientes de actividades agrícolas*, Revista de la Universidad del Valle de Guatemala, Número 15, Año 2006, página 100
39. Rolz, de León, Cifuentes, Porres, (2008), *Producción y evaluación de compost producido de residuos de la agroindustria de la caña de azúcar*, Revista de la Universidad del Valle de Guatemala, Número 18, Año 2008, página 36
40. Stewart, Lothar, Saleem, (2003), *Precalculo*, Thomson Learning Editores, México D.F., 765 páginas
41. Pablo Álvarez, Uria Miyares. *Optimización de la distribución de aire en túneles de compostaje*. Universidad Politécnica de Madrid. España. Documento PDF
42. <http://www.autoprofesional.com/html/files/pdf/amb/R98-42.pdf>
43. Singley, M. Higgins, A. Frumkin-Rosengaus, M. 1982. *Sludge Composting and Utilization: A Design and Operating Manual*. Cook College, Rutgers – The State University of New Jersey, New Brunswick, New Jersey.

44. United States Environmental Protection Agency (U.S. Epa). 1994. *A Plain English Guide to the EPA Part 503 Biosolids Rule*. Report No. EPA832-R-93.003; Office of wastewater Management, Washington, DC.
45. United States Environmental Protection Agency (U.S. Epa). 1997. *RCRA: Reducing Risk from Waste*. Report No. EPA530-K-97-004. Office of Solid Waste, Washington, D.C.
46. United States Environmental Protection Agency (U.S. Epa). 1999. *Organic Materials Management Strategies*. Report No. EPA530-R-99-016. Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, DC.
47. Wendy Culverwell. 2009. *Portland considering city-wide food composting*. Business Journal staff writer.
48. Willson, G. Dalmat, D. 1983. *Sewage sludge composting in the U.S.A.* BioCycle, 24:20-23.

## XX. ANEXOS

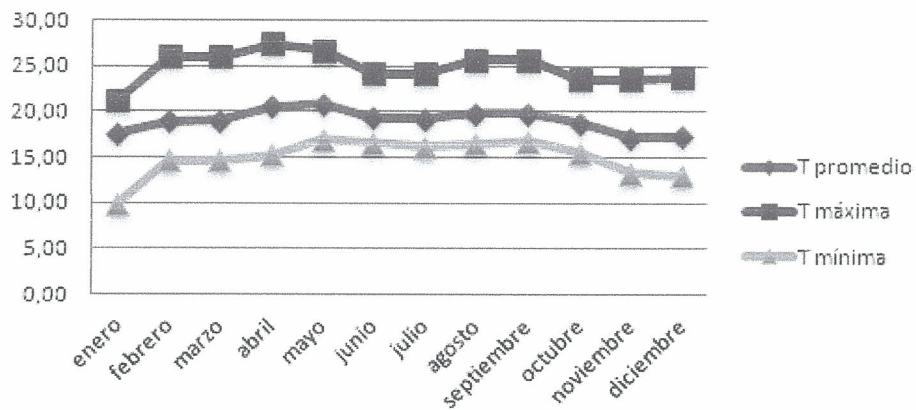
### Resultados temperatura anual (2007-2011)

2007

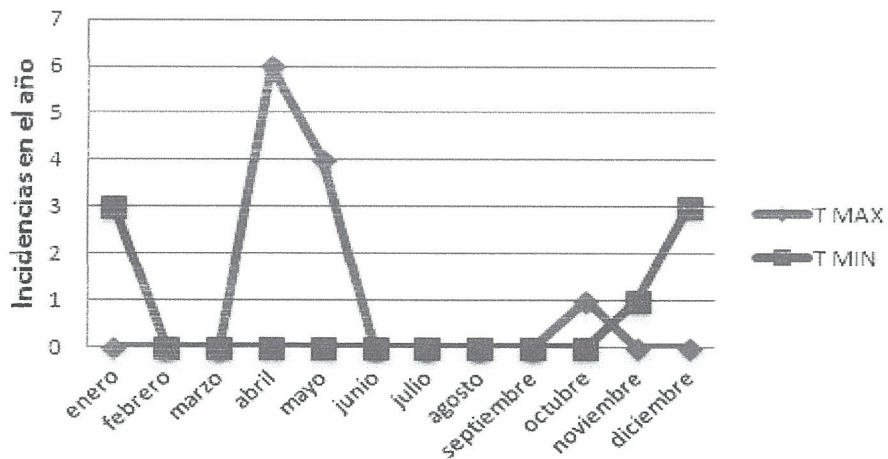


2008

Temperatura Ciudad Guatemala 2008  
(C°)

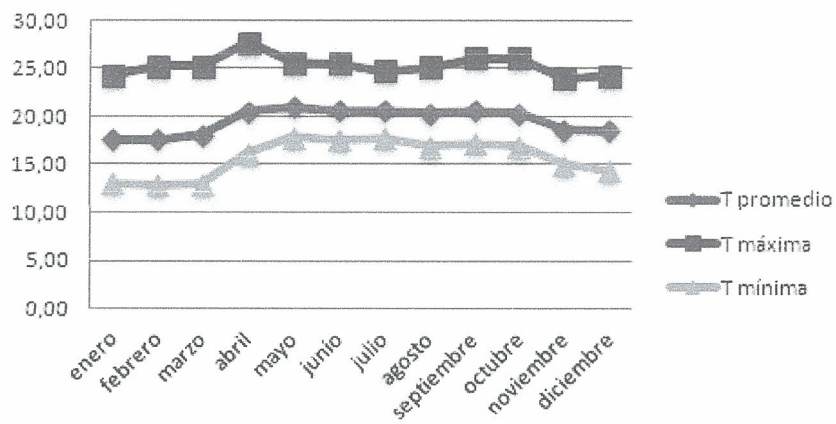


Temperaturas extremas 2008

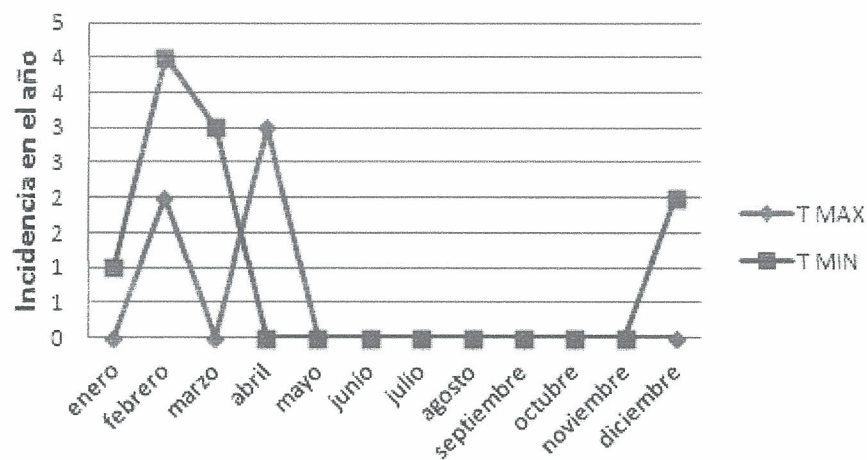


2009

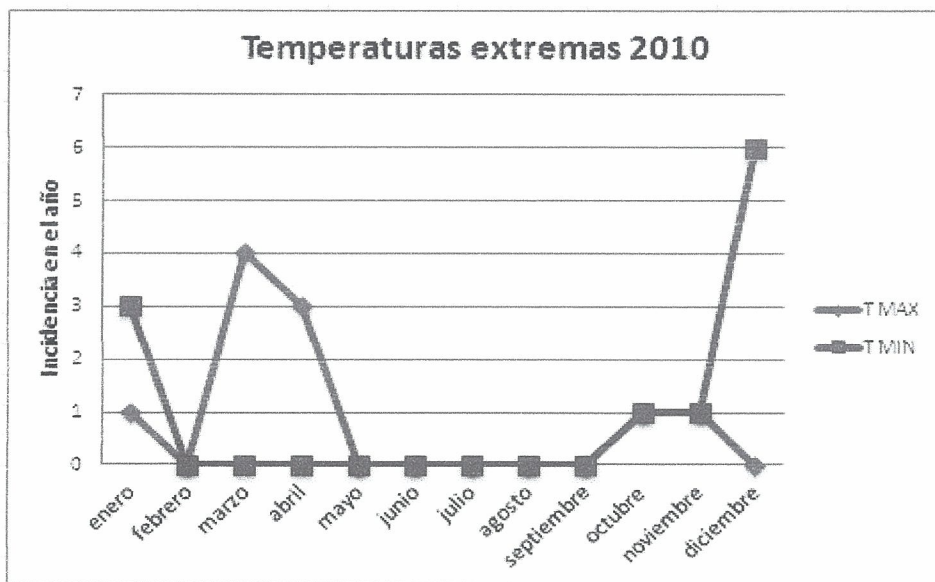
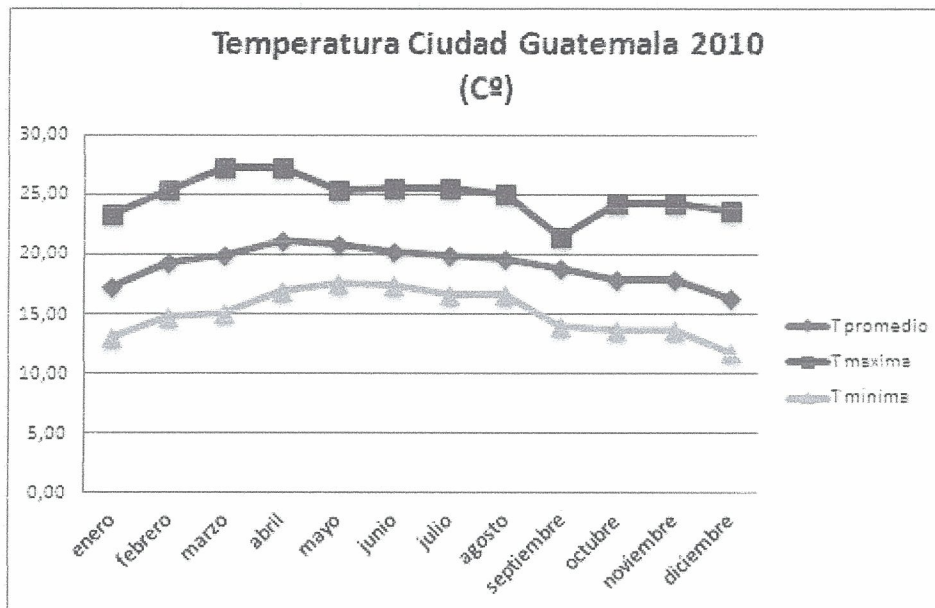
### Temperatura Ciudad Guatemala 2009 (C°)



### Temperaturas extremas 2009

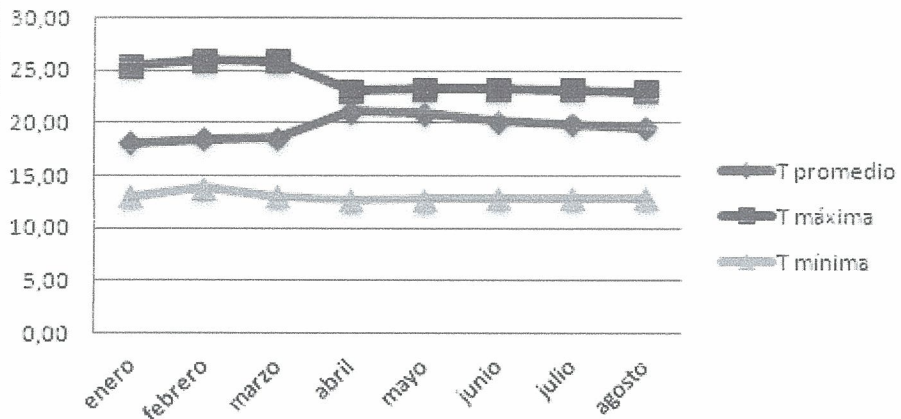


**2010**

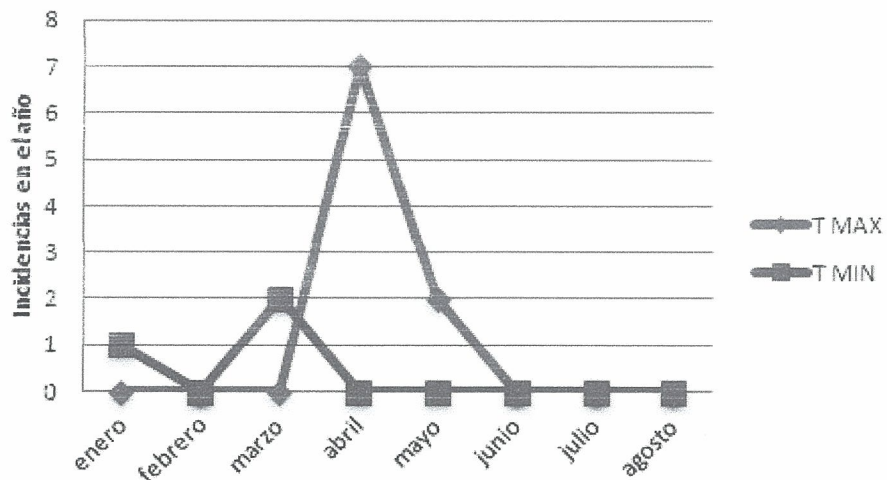


2011

### Temperatura Ciudad Guatemala 2011 (C°)



### Temperaturas extremas 2011



## Tablas resumen de temperatura por año

Resumen 2007					
	Promedio			Incidencia de temperaturas extremas	
	T	TMAX (c°)	TMIN (C°)	T MAX	T MIN
enero	17,60	24,60	14,24	0	0
febrero	19,00	26,32	13,83	0	1
marzo	19,30	26,60	14,20	2	0
abril	21,10	28,65	15,93	8	0
mayo	21,30	28,21	16,67	4	0
junio	20,10	25,94	16,52	0	0
julio	20,00	25,41	16,65	0	0
agosto	19,80	25,49	16,15	0	0
septiembre	19,50	25,52	16,21	0	0
octubre	18,90	24,50	15,58	0	0
noviembre	18,00	23,85	13,99	0	0
diciembre	18,10	24,87	12,08	0	1

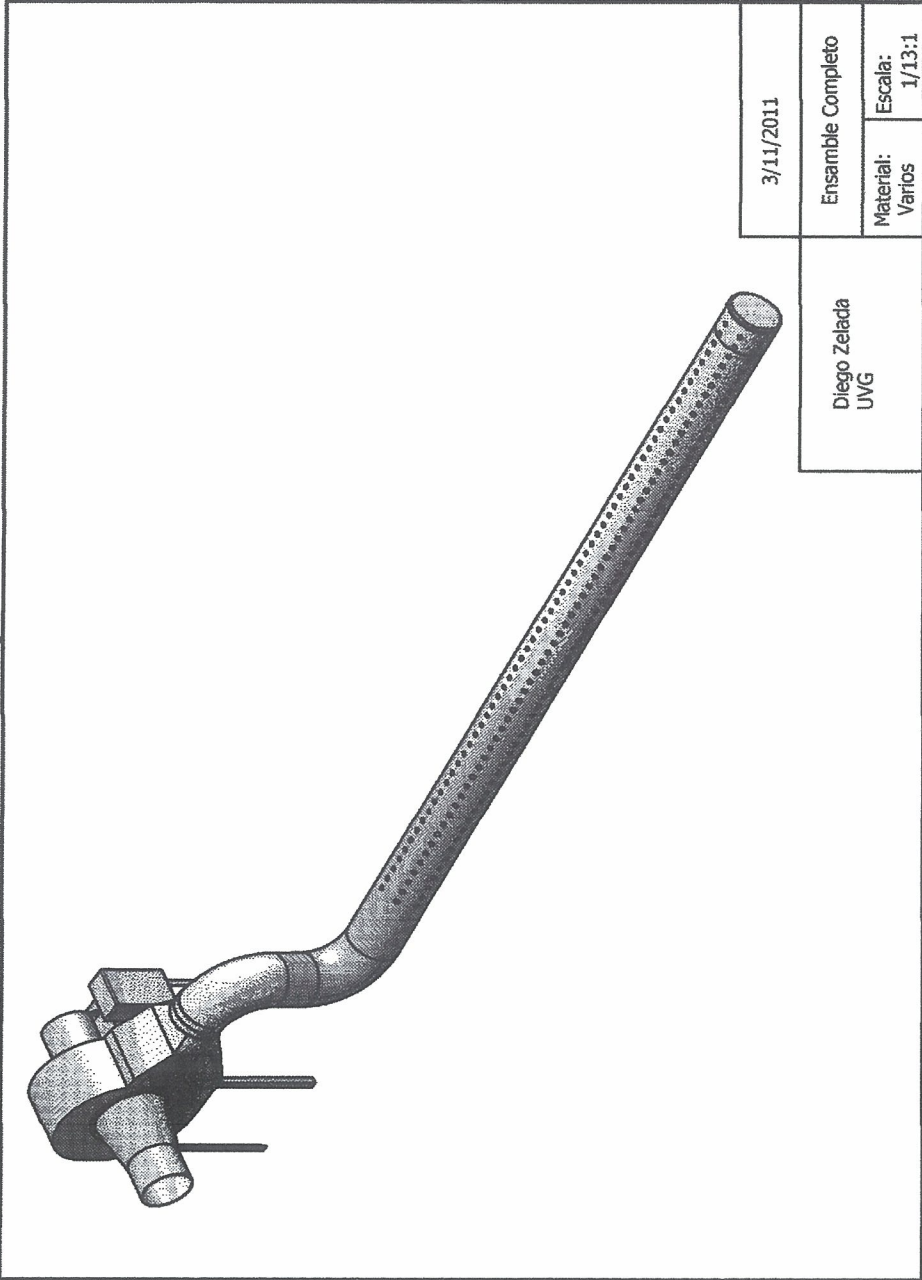
<b>Resumen 2008</b>					
	Promedio			Incidencia de temperaturas extremas	
	T	TMAX (c°)	TMIN (C°)	T MAX	T MIN
enero	17,60	21,22	9,89	0	3
febrero	18,90	25,94	14,63	0	0
marzo	19,00	25,94	14,63	0	0
abril	20,50	27,43	15,21	6	0
mayo	20,80	26,73	16,95	4	0
junio	19,30	24,20	16,53	0	0
julio	19,20	24,14	16,13	0	0
agosto	19,80	25,71	16,42	0	0
septiembre	19,80	25,67	16,74	0	0
octubre	18,80	23,60	15,57	1	0
noviembre	17,20	23,53	13,38	0	1
diciembre	17,30	23,72	13,00	0	3

<b>Resumen 2009</b>					
	Promedio			Incidencia de temperaturas extremas	
	T	TMAX (C°)	TMIN (C°)	T MAX	T MIN
enero	17,60	24,25	13,05	0	1
febrero	17,60	25,19	12,88	2	4
marzo	18,10	25,23	13,00	0	3
abril	20,50	27,64	16,15	3	0
mayo	21,00	25,58	17,91	0	0
junio	20,60	25,50	17,54	0	0
julio	20,60	24,70	17,74	0	0
agosto	20,30	25,11	16,89	0	0
septiembre	20,60	26,11	17,23	0	0
octubre	20,30	26,07	16,93	0	0
noviembre	18,60	24,04	15,07	0	0
diciembre	18,50	24,26	14,39	0	2

<b>Resumen 2010</b>					
	Promedio			Incidencia de temperaturas extremas	
	T	TMAX (c°)	TMIN (C°)	T MAX	T MIN
enero	17,30	23,39	13,07	1	3
febrero	19,30	25,38	14,85	0	0
marzo	19,90	27,23	15,10	4	0
abril	21,10	27,19	17,04	3	0
mayo	20,90	25,33	17,59	0	0
junio	20,20	25,53	17,44	0	0
julio	19,90	25,60	16,59	0	0
agosto	19,60	25,00	16,65	0	0
septiembre	18,80	21,49	13,94	0	0
octubre	17,90	24,31	13,67	1	1
noviembre	17,90	24,31	13,67	1	1
diciembre	16,30	23,73	11,80	0	6

<b>Resumen 2011</b>					
	<b>Promedio</b>			<b>Incidencia de temperaturas extremas</b>	
	<b>T</b>	<b>TMAX (c°)</b>	<b>TMIN (C°)</b>	<b>T MAX</b>	<b>T MIN</b>
enero	18,10	25,46	13,05	0	1
febrero	18,50	26,00	13,83	0	0
marzo	18,60	25,84	13,10	0	2
abril	21,10	23,09	12,73	7	0
mayo	20,90	23,25	12,78	2	0
junio	20,20	23,29	12,85	0	0
julio	19,90	23,18	12,85	0	0
agosto	19,60	23,03	12,84	0	0
septiembre					
octubre					
noviembre					
diciembre					

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



3/11/2011
Ensamble Completo
Material: Varios
Escala: 1/13:1

Diego Zelada  
UVG



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PARTS LIST			
ITEM	CTAD	Parte	Material
1	1	tubo principal	PVC
2	2	Codo 90	PVC
3	1	Tubo de acople	PVC
4	1	tobera entrada	Acero 1018
5	1	cuerpo del soplador	"
6	1	tobera salida	"
7	1	motor	"
8	1	Timer	"
9	1	base principal	"
10	1	Base del Motor	"
11	1	tapon	PVC

3/11/2011

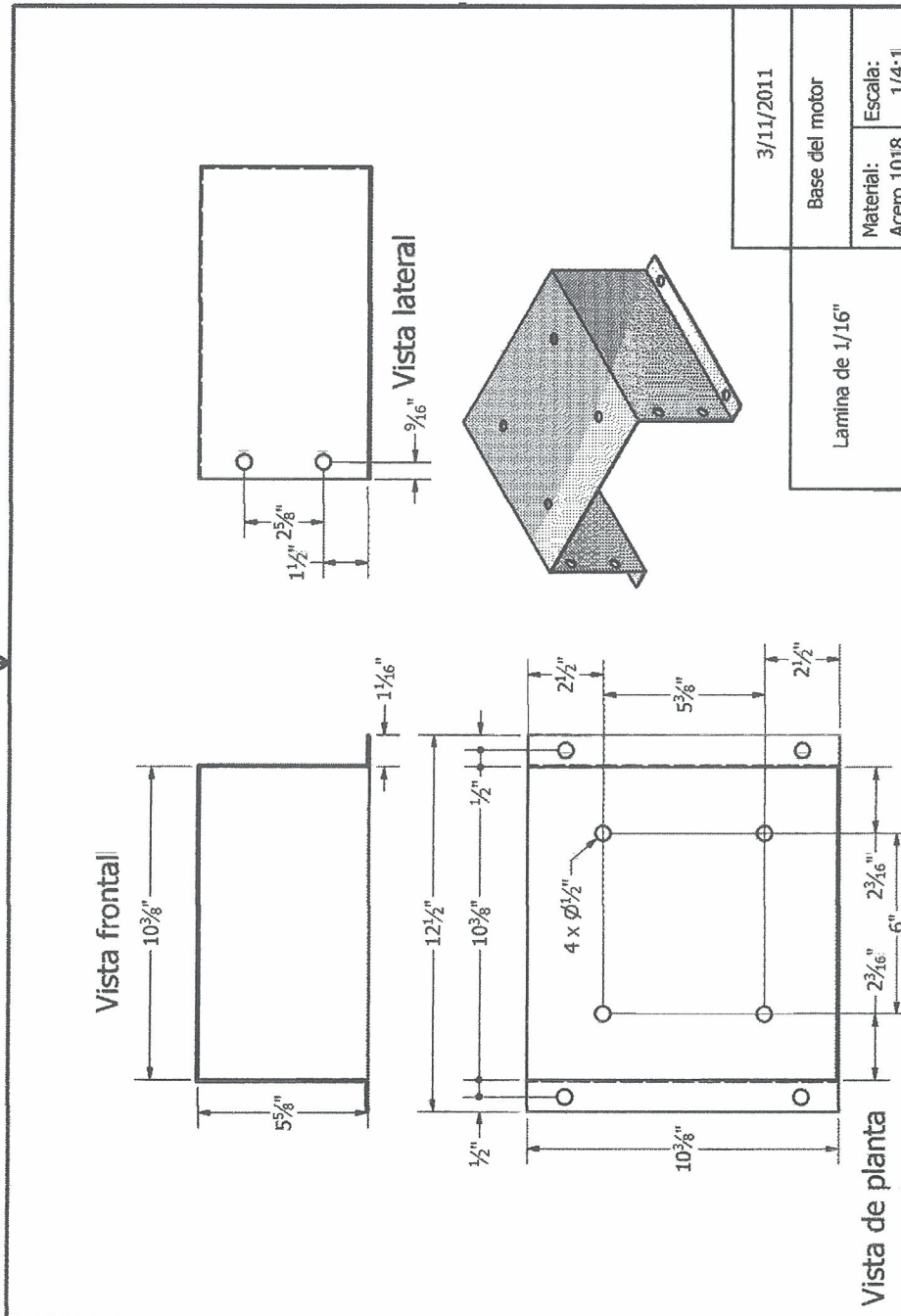
Despiece Completo

Material:	Escala: 1/15:1
-----------	----------------

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

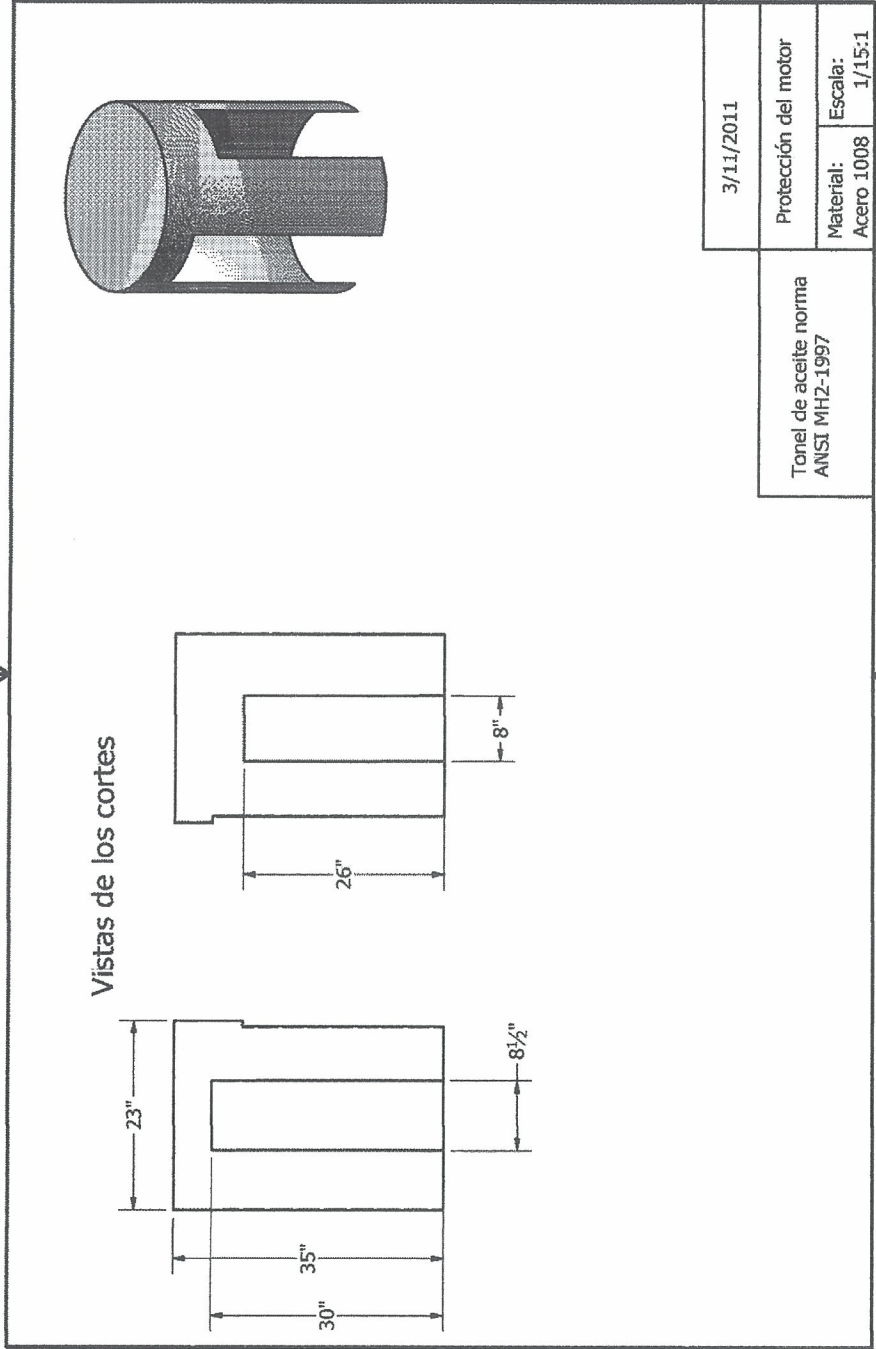


PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



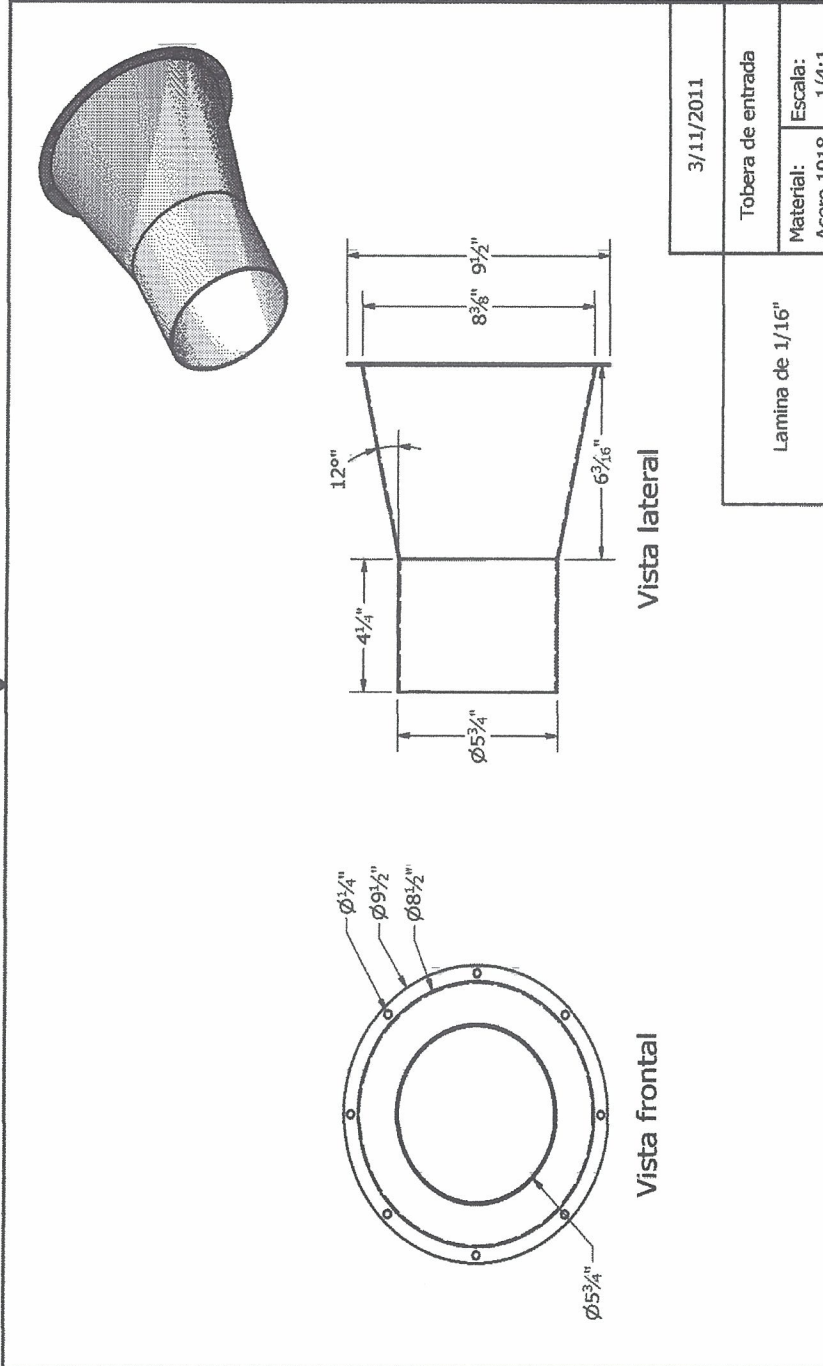
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



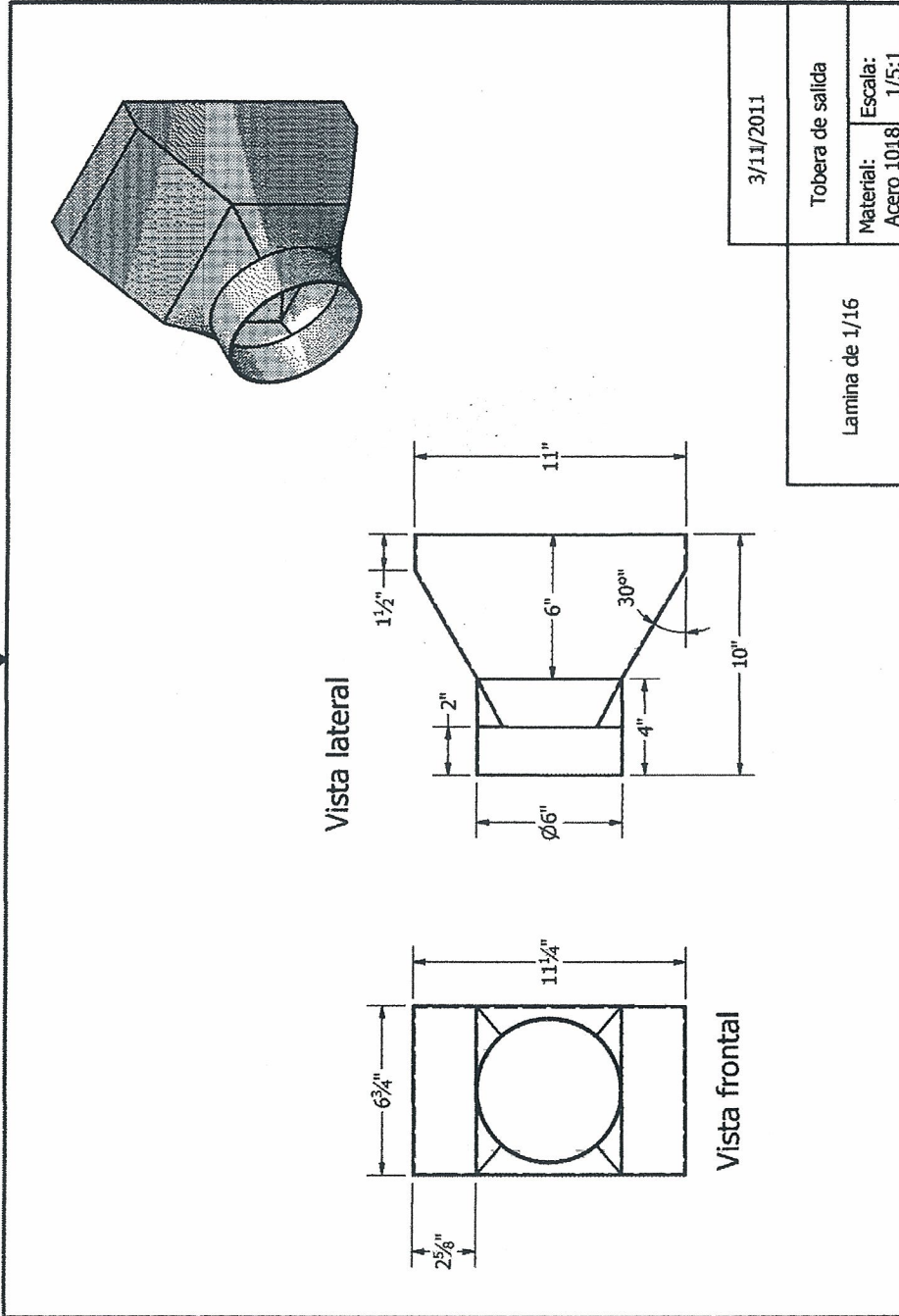
PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT



PRODUCED BY AN AUTODESK EDUCATIONAL PRODUCT

