	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA: 1 de 8</b>

16.

<b>FECHA</b>	miércoles, 10 de julio de 2019
--------------	--------------------------------

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA  
 Ciudad

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Seccional Girardot
<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Ambiental

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
ROZO JIMENEZ	MARIA ALEJANDRA	1069753857

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
SUAREZ PULIDO	DALIA XIOMARA

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
 Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
 www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
 NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
 Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 2 de 8</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

ESTUDIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMPOSTERA COMO MÉTODO DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SAN RAFAEL DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA

### SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

### TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

Ingeniero Ambiental

### AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO

03/07/2019

### NÚMERO DE PÁGINAS

64

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
Residuo orgánico,	Organic waste,
Hospital,	Hospital
Compostaje,	Composting,
Biodegradable	Biodegradable



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 3 de 8</b>

### RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

La pasantía realizada para optar el título de Ingeniera Ambiental consistió en la evaluación de diferentes alternativas de estructuras para la producción de compost a partir de residuos sólidos orgánicos provenientes del área de cocina del Hospital San Rafael. Para lograr dicho objetivo, se realizó el muestro y caracterización de residuos sólidos que van a disposición final, para establecer su posterior tratamiento en compostaje. Se realizó un seguimiento y control en los pesajes de los residuos/día, determinando el mes de marzo como el mayor generador de residuos orgánicos en el área de preparación de alimentos con un valor de 909 kg. La necesidad de realizar este seguimiento obedece a que la entidad de salud no llevaba un registro y control estricto de los residuos generados. Una vez realizado el diagnóstico de generación de residuos sólidos orgánicos se procedió a plantear las alternativas de diseño de compostera, para lo cual se definió el lugar de implementación y los materiales disponibles aportados por la institución de salud, estableciendo dos sistemas de compostaje con aireación pasiva o natural para el aprovechamiento de residuos orgánicos de cocina uno de ellos a base de estibas de madera y un compostaje por pila. Posteriormente, se plantea realiza la respectiva valoración económica de las alternativas formuladas, estableciendo el compostaje por estibas como una estructura económica para el tratamiento de 800 kg de residuo biodegradable y un valor de \$340.998, sin embargo, la estructura por pila permite el aprovechamiento de 10.000 kg de residuo para compostaje presentando un valor de \$3.974.318.

A través de la implementación de este estudio el Hospital San Rafael lograra reducir su tasa de aseo en un 25% al 35 adicional a la reducción lograda con el aprovechamiento de los residuos reciclables y por cada kg de residuo orgánico separado, se puede obtener 0,4 kg de compost, útil para las zonas verdes o para comercializarlo a partir de la demanda interna para jardinería (Sepulveda & Alvarado, 2013), además, es importante resaltar este tipo de proyectos como aporte a la estrategia Hospitales verdes y saludables del cual hace el hospital San Rafael de Fusagasugá siendo ejemplo para los demás centros de salud del departamento en el aprovechamiento de este tipo de residuos como un proceso orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental disminuyendo su disposición final en los rellenos sanitarios por medio del compostaje.

The internship for the qualification of Environmental Engineer consisted in the evaluation of different alternatives of structures for the production of compost from organic solid waste coming from the kitchen area of the San Rafael Hospital. To achieve this objective, the sampling and characterization of solid waste that goes to final disposal was carried out to establish its subsequent treatment in composting. A follow-up and control was carried out in the weighing of the waste / day, determining the month of March as the largest generator of organic waste in the area of food preparation with a value of 909 kg. The need to carry out this follow-up



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 4 de 8</b>

is due to the fact that the health entity did not keep a record and strict control of the waste generated. Once the diagnosis of the generation of solid organic waste was made, the composter design alternatives were considered, for which the place of implementation and the available materials provided by the health institution were defined, establishing two systems of composting with passive aeration. or natural for the use of organic kitchen waste, one of them based on wooden pallets and one compost per pile. Subsequently, it considers the economic valuation of the alternatives formulated, establishing the composting by pallets as an economic structure for the treatment of 800 kg of biodegradable waste and a value of \$ 340,998, however, the structure per battery allows the use of 10,000 kg of waste for composting presenting a value of \$ 3,974,318.

Through the implementation of this study, the San Rafael Hospital managed to reduce its cleaning rate by 25% to 35 in addition to the reduction achieved with the use of recyclable waste and for each kg of separated organic waste, 0 can be obtained, 4 kg of compost, useful for green areas or to market it from domestic demand for gardening (Sepulveda & Alvarado, 2013), it is also important to highlight this type of projects as a contribution to the strategy Green and healthy hospitals which makes San Rafael hospital in Fusagasugá being an example for the other health centers of the department in the use of this type of waste as a process aimed at solving, mitigating and / or preventing environmental problems by reducing their final disposal in landfills by means of composting.

**AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN**

Por medio del presente escrito autorizo (Autorizamos) a la Universidad de Cundinamarca para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí (nuestra) obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:  
 Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 5 de 8</b>

3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi (nuestra) obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, *“Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”*, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 6 de 8</b>

está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI \_\_\_ NO x.**

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).

b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.

c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.

d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 7 de 8</b>

responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”

i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia Creative Commons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia Creative Commons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

<b>Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)</b>	<b>Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)</b>
ESTUDIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMPOSTERA COMO MÉTODO DE	Texto, Imágenes, Tablas, Gráficas





<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA: 8 de 8</b>

APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SAN RAFAEL DEL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA.pdf	
---	--

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

<b>APELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>FIRMA (autógrafa)</b>
MARIA ALEJANDRA ROZO JIMENEZ	Maria Alejandro Rozo

21.1-51.20.



**ESTUDIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMPOSTERA COMO  
MÉTODO DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA EMPRESA  
SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SAN RAFAEL DEL MUNICIPIO DE  
FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA**

MARIA ALEJANDRA ROZO JIMENEZ

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL  
GIRARDOT. 2019

**ESTUDIOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA COMPOSTERA COMO  
MÉTODO DE APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA EMPRESA  
SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SAN RAFAEL DEL MUNICIPIO DE  
FUSAGASUGÁ, CUNDINAMARCA**

MARIA ALEJANDRA ROZO JIMENEZ

Trabajo de grado opción pasantía para obtener el título de Ingeniera ambiental

Asesora: DALIA XIOMARA SUAREZ PULIDO

Bióloga

UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA AMBIENTAL  
GIRARDOT. 2019

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo de grado en primera instancia a Dios por permitirme culminar con éxito mi Carrera profesional, a mi familia y en especial a mi ahijada Laura Nataly Rozo quien sigue mis pasos

## Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, es apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y me permite sonreír ante todos mis logros que son resultados de su ayuda.

A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, a mi hermano por estar siempre presente acompañándome durante esta etapa.

Agradezco a los docentes de la Universidad de Cundinamarca- Seccional Girardot, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de esta profesión y de manera especial, a mi tutora Dalia Xiomara Suarez Pulido quien con su experiencia, conocimiento y motivación me guio durante el proceso.

A la E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá por brindarme la oportunidad de realizar las pasantías, al personal de mantenimiento y al sistema de salud y seguridad en el trabajo por todos sus conocimientos brindados.

## Tabla de contenido

Introducción .....	xiii
Justificación.....	xvi
Planteamiento del Problema.....	xviii
Objetivo.....	xx
Objetivo general .....	xx
Objetivos específicos .....	xx
Marco Referencial .....	xxi
Marco Normativo .....	xxi
Diseño Metodológico .....	xxiii
Descripción de la E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá .....	xxiii
Métodos y Técnicas de análisis.....	xxv
Recursos .....	xxvi
Infraestructura y Equipos. ....	xxvi
Humanos. ....	xxvi
Institucionales. ....	xxvi
Metodología .....	xxvii
Caracterización de Residuos Sólidos de cocina.....	xxvii
Diseño y valoración económica de Composteras.....	xxvii

Resultados y discusión .....	xxix
Diseño de Composteras.....	xxxvi
Compostera por pila .....	xxxvii
Compostera por estibas de madera.....	xxxix
Valoración económica.....	xli
Conclusiones .....	xliv
Recomendaciones.....	xlv
Bibliografía .....	xlvii
Anexos.....	lii

## Lista de Tablas

Tabla 1. Valoración económica.....	xlii
------------------------------------	------

## Lista de Ilustraciones

<b>Ilustración 1.</b> Ubicación E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá .....	xxiii
Ilustración 2. Organización E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá.....	xxv
Ilustración 3. Tipo de Residuo Sólido Generado .....	xxix
Ilustración 4. Cantidad de residuo sólido generado .....	xxx
Ilustración 5. Cantidad de Residuo sólido generado por áreas. ....	xxxii
Ilustración 6. Cantidad de Residuo Biodegradable generado por áreas.....	xxxiii
Ilustración 7. Cantidad de Residuos sólidos por método de cuarteo en áreas.....	xxxiv
Ilustración 8. Residuos Biodegradables Área de Preparación .....	xxxv
Ilustración 9. Cuarteo de Residuos biodegradables del área de preparación .....	xxxvi
Ilustración 10. Proceso de cuarteo .....	xxxvii
Ilustración 11. Subproductos biodegradables .....	xxxviii
<b>Ilustración 12.</b> Zonas de estudio para la implementación de la compostera .....	xxxix
Ilustración 13. Compostera por pila.....	xxxviii
Ilustración 14. Compostaje por estibas de madera.....	xli



## Lista de Anexos

Anexo A. Cantidad Residuos no peligrosos.....	lii
Anexo B. Cantidad Residuo orgánico generado por áreas.....	liii
Anexo C. Método de cuarteo de Residuos Sólidos por áreas .....	lvii
Anexo D. Seguimiento recolección de residuos orgánicos servicio de alimentación Hospital San Rafael. ....	lviii
Anexo D. Calculo Ecuación 1. Porcentaje de cada componente del residuo recolectado .....	lx
<b>Anexo E.</b> Parámetros de operación.....	lxi
<b>Anexo F.</b> Valoración económica .....	lxii

## Resumen

La pasantía realizada para optar el título de Ingeniera Ambiental consistió en la evaluación de diferentes alternativas de estructuras para la producción de compost a partir de residuos sólidos orgánicos provenientes del área de cocina del Hospital San Rafael. Para lograr dicho objetivo, se realizó el muestro y caracterización de residuos sólidos que van a disposición final, para establecer su posterior tratamiento en compostaje. Se realizó un seguimiento y control en los pesajes de los residuos/día, determinando el mes de marzo como el mayor generador de residuos orgánicos en el área de preparación de alimentos con un valor de 909 kg. La necesidad de realizar este seguimiento obedece a que la entidad de salud no llevaba un registro y control estricto de los residuos generados. Una vez realizado el diagnóstico de generación de residuos sólidos orgánicos se procedió a plantear las alternativas de diseño de compostera, para lo cual se definió el lugar de implementación y los materiales disponibles aportados por la institución de salud, estableciendo dos sistemas de compostaje con aireación pasiva o natural para el aprovechamiento de residuos orgánicos de cocina uno de ellos a base de estibas de madera y un compostaje por pila. Posteriormente, se plantea realiza la respectiva valoración económica de las alternativas formuladas, estableciendo el compostaje por estibas como una estructura económica para el tratamiento de 800 kg de residuo biodegradable y un valor de \$340.998, sin embargo, la estructura por pila permite el aprovechamiento de 10.000 kg de residuo para compostaje presentando un valor de \$3.974.318.

A través de la implementación de este estudio el Hospital San Rafael lograra reducir su tasa de aseo en un 25% al 35 adicional a la reducción lograda con el aprovechamiento de los residuos

reciclables y por cada kg de residuo orgánico separado, se puede obtener 0,4 kg de compost, útil para las zonas verdes o para comercializarlo a partir de la demanda interna para jardinería (Sepulveda & Alvarado, 2013), además, es importante resaltar este tipo de proyectos como aporte a la estrategia Hospitales verdes y saludables del cual hace el hospital San Rafael de Fusagasugá siendo ejemplo para los demás centros de salud del departamento en el aprovechamiento de este tipo de residuos como un proceso orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental disminuyendo su disposición final en los rellenos sanitarios por medio del compostaje.

*Palabras Clave: Residuo orgánico, Hospital, Compostaje, Biodegradable,*

## Abstract

The internship for the qualification of Environmental Engineer consisted in the evaluation of different alternatives of structures for the production of compost from organic solid waste coming from the kitchen area of the San Rafael Hospital. To achieve this objective, the sampling and characterization of solid waste that goes to final disposal was carried out to establish its subsequent treatment in composting. A follow-up and control was carried out in the weighing of the waste / day, determining the month of March as the largest generator of organic waste in the area of food preparation with a value of 909 kg. The need to carry out this follow-up is due to the fact that the health entity did not keep a record and strict control of the waste generated. Once the diagnosis of the generation of solid organic waste was made, the composter design alternatives were considered, for which the place of implementation and the available materials provided by the health institution were defined, establishing two systems of composting with passive aeration. or natural for the use of organic kitchen waste, one of them based on wooden pallets and one compost per pile. Subsequently, it considers the economic valuation of the alternatives formulated, establishing the composting by pallets as an economic structure for the treatment of 800 kg of biodegradable waste and a value of \$ 340,998, however, the structure per battery allows the use of 10,000 kg of waste for composting presenting a value of \$ 3,974,318.

Through the implementation of this study, the San Rafael Hospital managed to reduce its cleaning rate by 25% to 35 in addition to the reduction achieved with the use of recyclable waste and for each kg of separated organic waste, 0 can be obtained, 4 kg of compost, useful for green areas or to market it from domestic demand for gardening (Sepulveda & Alvarado, 2013), it is

also important to highlight this type of projects as a contribution to the strategy Green and healthy hospitals which makes San Rafael hospital in Fusagasugá being an example for the other health centers of the department in the use of this type of waste as a process aimed at solving, mitigating and / or preventing environmental problems by reducing their final disposal in landfills by means of composting.

Keywords: Organic waste, Hospital, Composting, Biodegradable,

## Introducción

El compostaje de los residuos orgánicos se presenta como alternativa biotecnológica eficaz en la descomposición y estabilización de la materia orgánica, beneficiando las condiciones del suelo como enmienda y corroborando el compromiso ambiental que presenta la entidad pública de salud. La E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá actualmente se encuentra vinculado a La Red Global de Hospitales Verdes y Saludables que es una comunidad mundial de hospitales, que buscan reducir su huella ecológica y promover la salud ambiental pública, de esta manera el hospital San Rafael de Fusagasugá debe promover la implementación de proyectos para el aprovechamiento y tratamiento de los residuos generados en sus instalaciones.

Los residuos hospitalarios son todos aquellos materiales de desecho, que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, generados dentro de los establecimientos que prestan servicios de salud, provenientes de sus servicios, procesos, tratamientos, procedimientos y administración. El Hospital San Rafael produce cerca de 1000 kg de residuos biodegradables mensualmente que no reciben un tratamiento para disposición final, aumentando la cantidad de residuos enviados a los rellenos sanitarios y convirtiéndose en un problema ambiental al generar gases de tipo invernadero proveniente de la descomposición de la materia.

En América Latina se estima que los hospitales generan, en promedio, entre 1 y 4,5 kg de residuos por cama de hospital al día, la mayoría de ellos son similares a los residuos comunes generados en los hogares y otra porción, más pequeña, compuesta por residuos peligrosos para el medio ambiente o la salud pública (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente;

Salud sin Daño, 2007). Se calcula que, de los residuos generados por las actividades de atención sanitaria, aproximadamente un 85% son desechos comunes con potencial de aprovechamiento (Peñaranda, Montenegro, & Giraldo, 2017). El 15% restante se considera material peligroso que puede ser infeccioso, tóxico o radiactivo como lo afirma la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2018)

La gestión de residuos tiene que ser pensada de principio a fin para lograr minimizar los impactos negativos que comúnmente provoca. En general, cuando se habla de manejo de residuos, sólo se tiene en cuenta la etapa final del uso de los productos. Sin embargo, es importante planificar la gestión de los residuos desde el comienzo para que incluya políticas de compras correctas (que prioricen productos libres de sustancias tóxicas, con mayores compromisos ambientales y cantidades de embalajes, etc.), reutilización, reciclaje, compostaje, etc. (Salud sin Daño, 2013).

Los residuos orgánicos pueden ser reutilizados si se les da un tratamiento sostenible como lo es el compostaje, un método biológico que permite la transformación de estos residuos en un producto estable (Acosta & Peralta, 2015) como consecuencia de las actividades metabólicas, cuyo crecimiento está condicionado por la temperatura de la masa, el porcentaje de la humedad y la concentración de oxígeno. El compostaje es la descomposición biológica y la estabilización de los sustratos orgánicos, en condiciones que permiten el desarrollo de bacterias termofílicas como resultado del calor producido biológicamente, para producir un producto final, libre de patógenos que se puede aplicar de manera beneficiosa al suelo (Haug, 2018).



El propósito del proyecto se basa en el estudio para la implementación de una compostera como método de aprovechamiento adecuado de residuos orgánicos generados en la Empresa Social del Estado Hospital San Rafael del municipio de Fusagasugá, específicamente en el área de la cocina y residuos de jardinería, promoviendo soluciones integrales que no generen consecuencias negativas para el ambiente y puedan ser utilizadas por la entidad de salud.

## Justificación

La academia, los centros de investigación, las corporaciones autónomas regionales, algunas ONG y dependencias ambientales municipales han venido construyendo conocimiento en torno al aprovechamiento, comercialización y utilización de residuos sólidos orgánicos urbanos en Colombia, en aras de contribuir a la racionalización de la gestión integral de estos desechos en el país, sin embargo, dicha información se encuentra atomizada y dispersa y no es fácil acceder a ella, razón por la cual poco aporta a la gestión integral de los residuos sólidos (Jaramillo & Zapata, 2008).

La composición física de los residuos sólidos en nuestro país está constituida en más del 50% por residuos orgánicos; el aprovechamiento de los mismos disminuirá en gran medida el impacto medio ambiental si reincorporan los nutrientes al ciclo de fertilización del suelo y se frenara el uso de agroquímicos. Solo apuntando a una eficiente gestión integral de residuos sólidos desde la separación hasta la disposición final, se implementarán los instrumentos de manejo basados en principios de eficiencia, eficacia y efectividad que generen una sostenibilidad ambiental a partir de una relación costo-beneficio óptimo (Penagos, Adarraga, Aguas, & Molina, 2011).

Un generador de residuos orgánicos que aplique con disciplina los procesos de separación y aprovechamiento puede reducir su tasa de aseo en un 25% al 35% adicional a la reducción lograda con el aprovechamiento de los residuos reciclables y por cada kg de residuo orgánico separado, se puede obtener 0,4 kg de compost, útil para las zonas verdes o para comercializarlo a partir de la demanda interna para jardinería (Sepulveda & Alvarado, 2013).

Por lo anterior, el aprovechamiento de residuos orgánicos permite, por un lado, que estos residuos no sean enviados a un relleno sanitario o vertedero, donde terminarían contaminando el ambiente y representando un riesgo para quienes viven cerca de los vertederos y acumulaciones de desechos, debido a los gases que se originan durante el proceso de descomposición (Saenz & Urdaneta, 2014); por otro, que se obtengan como resultados productos útiles: abono para la tierra y zonas verdes, gas para producir energía, entre otros. Este aprovechamiento conduce de manera directa a la disminución de impactos ambientales y sociales generados, en especial, en el componente de disposición final, lo cual es competencia de la gestión ambiental del Hospital San Rafael, cabe resaltar, que el centro de salud no cuenta con una oficina o departamento encargado del manejo ambiental.

Con el desarrollo de esta práctica se pretende institucionalizar el pesaje y control de los residuos orgánicos generados en las áreas de cocina como una estrategia direccionada al cumplimiento de los compromisos adquiridos en la vinculación a la Red Global como hospital verde y saludable.

## Planteamiento del Problema

Los productos y tecnologías que utilizan los centros de salud, los recursos que consume y los residuos que genera constituyen una fuente de contaminación a nivel mundial, por tal razón, se considera que el sector hospitalario contribuye de manera indirecta a deteriorar la salud pública ambiental (Aros, 2018). Los niveles de contaminación y deterioro ambiental que se han alcanzado en la actualidad, obligan a todos a trabajar por un ambiente saludable y a la búsqueda de soluciones integrales y es por ello, que el sector salud no puede ser ajeno a esta situación, sino que debe ser líder en el cambio, reduciendo su propio impacto sobre el ambiente y garantizando el aprovechamiento de sus recursos, con el empleo de tecnologías y prácticas ambientalmente sostenibles (Salud sin Daño, 2013).

El Hospital San Rafael es el centro hospitalario más importante de Cundinamarca, el cual beneficia a pacientes provenientes de la Sub red sur del Departamento y la provincia del Sumapaz (Hospital San Rafael de Fusagasugá, 2018), se encuentra vinculada a la *Red Global de Hospitales Verdes y saludables* dirigido por la oficina de Salud y Seguridad en el Trabajo, sin embargo, dicha entidad de salud no cuenta con una oficina o departamento que se encargue del sistema de gestión ambiental y los temas relacionados, es claro que, desde el propósito de reducir el impacto ambiental inducido por los rellenos sanitarios, el aprovechamiento de residuos orgánicos también configura una prioridad en materia de gestión ambiental en el país y en la región (Secretaría Distrital de Salud, 2002).

En la actualidad la E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá no realiza un seguimiento estricto en la cantidad de residuos biodegradables originados por los usuarios del centro médico, motivo por el cual los residuos no peligrosos clasificados de acuerdo a su biodegradabilidad como los orgánicos son considerables y necesitan ser tratados y aprovechados como un proceso orientado a resolver, mitigar y/o prevenir los problemas de carácter ambiental y así disminuir su disposición final en los rellenos sanitarios por medio de estrategias como el compostaje, producto empleado como enmienda orgánica en las zonas verdes del Hospital disminuyendo los porcentajes de residuos entregados a la empresa de aseo municipal y el uso de agroquímicos.

## **Objetivo**

### **Objetivo general**

Realizar el estudio para la implementación de una compostera de residuos orgánicos de cocina exclusivo para cascaras de verdura y restos de fruta, en el Hospital San Rafael (Fusagasugá, Cundinamarca)

### **Objetivos específicos**

1. Caracterizar los residuos sólidos orgánicos provenientes de la cocina en el hospital San Rafael.
2. Diseñar diferentes estructuras de compostera para el aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos de cocina en la entidad.
3. Realizar una valoración económica de las alternativas presentadas y establecer los costos para su implementación.

## Marco Referencial

### Marco Normativo

La normatividad en materia de residuos sólidos es amplia debido a que abarca leyes políticas, decretos y resoluciones, entre otros, tendientes a reglamentar la Gestión Integral de los Residuos Sólidos en Colombia (Puerta, 2007). Como soporte para la realización del proyecto de pasantía en el Hospital San Rafael el Decreto- Ley 2811 de 1974 reglamenta en su título III el manejo de residuos, basura, desechos y desperdicios como protección al medio ambiente , la Ley 99 de 1993 destaca su función de regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente a fin de prevenir y mitigar el impacto de actividades contaminantes como la falta de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos generados por la institución de salud, es importante destacar la política para la Gestión Integral de los Residuos (1998) que define los principios de la Gestión Integral para todos los tipos de residuos estableciendo el máximo aprovechamiento y mínimo de residuos con destino al Relleno Sanitario como alternativa ambiental deseable, ligado con la Resolución 1164 de 2002., por la cual se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares, el Decreto 0351 de 2014 y la Resolución 754 de 2014 que adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los planes de gestión integral de residuos sólidos..

Por otro lado, el Decreto 0838 de 2005 soporta la disposición final de residuos sólidos, al igual que el Decreto 2981 de 2013 donde se aplica esta ley a las actividades complementarias de



transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos. En cuanto al manejo de residuos orgánicos el *Decreto 2041 de 2014*, en su art. 9, numeral 12. “Establece la construcción y operación de plantas cuyo objeto sea el aprovechamiento y valorización de residuos sólidos orgánicos biodegradables mayores o iguales a veinte mil (20.000) toneladas/año”

## Diseño Metodológico

### Descripción de la E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá

La E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá es una institución oficial de segundo nivel de atención y algunos servicios de tercero, su nombre deriva del patrono de la salud, e inició actividades en 1887 ubicada en la transversal 12 # 22 – 51, en el barrio San Mateo (Hospital San Rafael de Fusagasugá, 2018).

#### **Ilustración 1.** Ubicación E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá



Fuente: Google maps

El Hospital cuenta con 183 camas disponibles para los servicios de hospitalización (UCI Adultos, Quirúrgicas, Pediatría, entre otros) y Urgencias (Observación adulto, observación pediatría y reanimación) donde mensualmente se atienden cerca de 4000 usuarios y se generan

en promedio más de 10000 kg de residuos sólidos, estimándose el 64% para residuos peligrosos y el 36% restante residuos no peligrosos, donde el 18% son residuos biodegradables, es de aclarar que estos resultados son producto del monitoreo y seguimiento realizado durante el periodo de practica entre febrero y abril del 2019.

La empresa encargada del manejo de residuos peligrosos es Proyectos ambientales S.A.S ubicada en Ibagué, Tolima el cual hace disposición de residuos químicos, anatomopatológicos, cortopunzantes, bio-sanitarios, fármacos, contenedores presurizados y residuos biodegradables contaminados de pisos y comedor , por otro lado los residuos reciclables (papel, cartón) son entregados a la empresa Salvando Ambiente, encargados además del manejo de materiales recuperables como capuchones de agujas, tapas de medicamento, ganchos de cosedora y recipientes de plástico.

Para la coordinación, planeación, implementación, gestión y auditoría de las actividades que permita un óptimo manejo de residuos hospitalarios se constituyó el Grupo Administrativo de Gestión Ambiental y Sanitaria (GAGAS) el día 10 de abril de 2007 según Resolución No. 278 en la E.S.E. Hospital San Rafael de Fusagasugá adscrito a la oficina de salud y seguridad en el trabajo.

El GAGAS cumple funciones como: realizar el diagnóstico situacional ambiental y sanitario, diseñar el plan de gestión integral de residuos hospitalarios y similares, elaborar informes y reportes a las autoridades de vigilancia y control y gestionar el presupuesto para su ejecución. Como Gestión interna la E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá diariamente consigna en el

formulario RH1 el tipo y cantidad de residuos peligrosos (de tipo infeccioso y químico), en peso y unidades, que entrega al prestador del servicio especial de aseo, para disposición final y su posterior disposición en relleno sanitario, especificando tipo de desactivación, sistema de tratamiento y/o disposición final que se da a los residuos (Gonzales & Ardila, 2011).

Al interior del Hospital se encuentra el almacenamiento central de residuos peligrosos, reciclables y ordinarios, frente a estas estructuras se encuentra una edificación de una planta en la que se encuentran las áreas de mantenimiento, morgue, patología, medicina legal, tanques de ACPM y subestación eléctrica. Finalmente encontramos la cafetería y una edificación dedicada para algunos servicios administrativos como jurídica, y planeación.

### **Ilustración 2.** Organización E.S.E Hospital San Rafael de Fusagasugá



**Fuente:** Adaptado de Google maps

### **Métodos y Técnicas de análisis**

La selección de la metodología a emplear obedeció a una revisión bibliográfica de la cual se seleccionó “*El Manual de Compostaje del Agricultor*” (Roman, Martinez, & Pantoja, 2013) de la

FAO y el “Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá.” (Sepulveda & Alvarado, 2013) proyecto del área Metropolitana del Valle de Aburra, como guías de aprendizaje sobre la producción de compost buscando la formación y fortalecimiento de mejores prácticas y hábitos de separación en la fuente, de aprovechamiento de residuos orgánicos con el compostaje basados en tablas y parámetros como indicadores para el seguimiento y control.

## **Recursos**

### **Infraestructura y Equipos.**

Para el cumplimiento del proyecto no es necesaria una infraestructura determinada puesto que se proponen alternativas de diseño para ejecutar la implementación de la compostera.

### **Humanos.**

El proyecto se llevará a cabo por la estudiante de ingeniería ambiental MARÍA ALEJANDRA ROZO en compañía de la asesora interna DALIA XIOMARA SUÁREZ docente de la Universidad de Cundinamarca, ya que el centro de salud no cuenta con una oficina o departamento encargado del manejo ambiental, sin embargo, se cuenta con el apoyo administrativo y la oficina de salud y seguridad en el trabajo (SST) para realizar las actividades requeridas dentro de la institución

### **Institucionales.**

Empresa Social del Estado Hospital San Rafael del municipio de Fusagasugá, Cundinamarca.

## **Metodología**

Para el cumplimiento de los objetivos se siguió la etapa de Muestreo y Diagnóstico. Se realizó una caracterización de los residuos orgánicos generados en distintas áreas del Hospital y una vez determinado el lugar que genera más residuos orgánicos biodegradables se procedió a realizar el método de Cuarteo donde se definió la cantidad y el tipo de residuo orgánico generado. A continuación, se diseñaron dos (2) alternativas de estructura de compostera para el manejo y aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos biodegradables (cascaras de verdura y restos de fruta) de la cocina teniendo en cuenta el espacio disponible ofrecido por la entidad y así lograr dar cumplimiento al último objetivo donde se realizó la valoración económica para su implementación.

### **Caracterización de Residuos Sólidos de cocina**

Para la recopilación de información sobre residuos sólidos orgánicos generados por la cocina de la entidad de salud se realizó un proceso de seguimiento y control diario de la cantidad de residuo producido. Se realizó el pesaje de los residuos a las 11:00 am, hora en la que los encargados de la preparación de alimentos han finalizado el pelaje de las verduras y frutas y lo disponen para ser cuantificado.

### **Diseño y valoración económica de Composteras**

Se diseñaron dos sistemas de compostaje con aireación pasiva o natural para el aprovechamiento de residuos orgánicos de cocina. Uno de ellos a base de estibas de madera y un compostaje por pila, ambos presentan parámetros de diseño y operación como cantidad de

materia orgánica a compostar, pH, temperatura, humedad, entre otros. . El diseño y los parámetros de operación fueron estructurados de acuerdo a los lineamientos establecidos por el Manual de la FAO y el Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá., además, de los trabajos realizados por se Ninco & Sanchez (2017), Bongcam (2003) y Bejarano & Delgadillo (2007).

Para el diseño se tuvo en cuenta el área y material disponible suministrado por la entidad de salud. Para la valoración económica se realizó una descripción de los materiales y cantidades de insumos a utilizar desarrollando la respectiva cotización en almacenes de cadena con marcas de materiales conocidas.

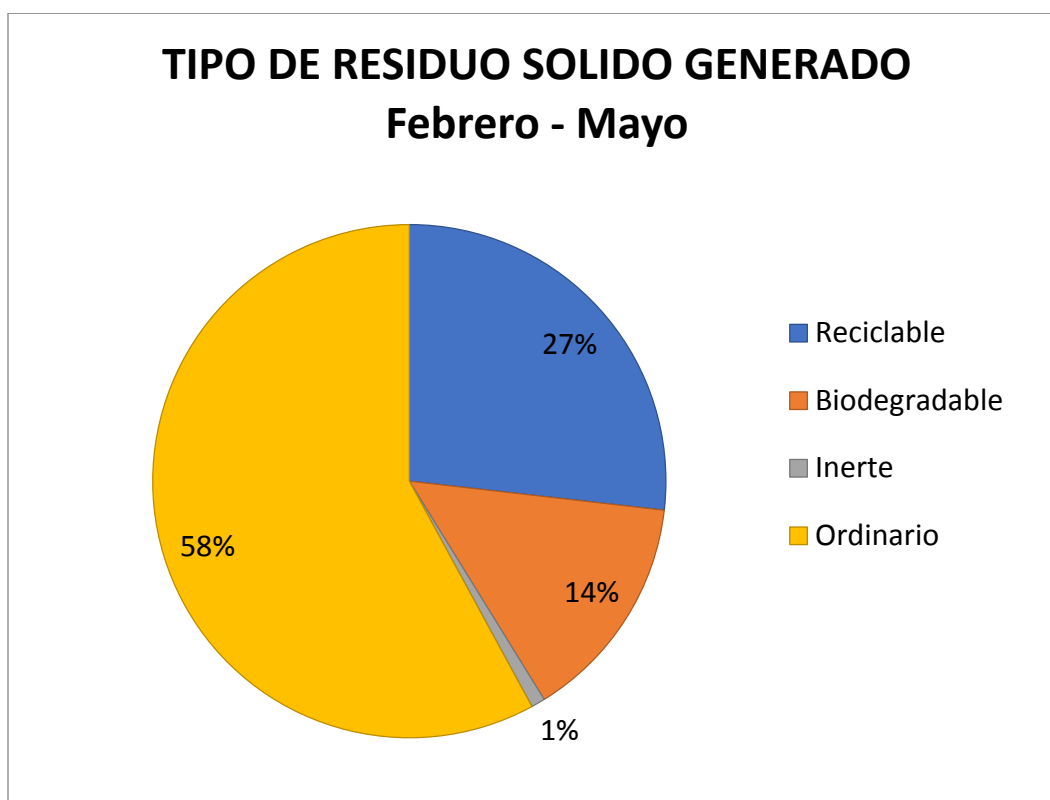


## Resultados y discusión

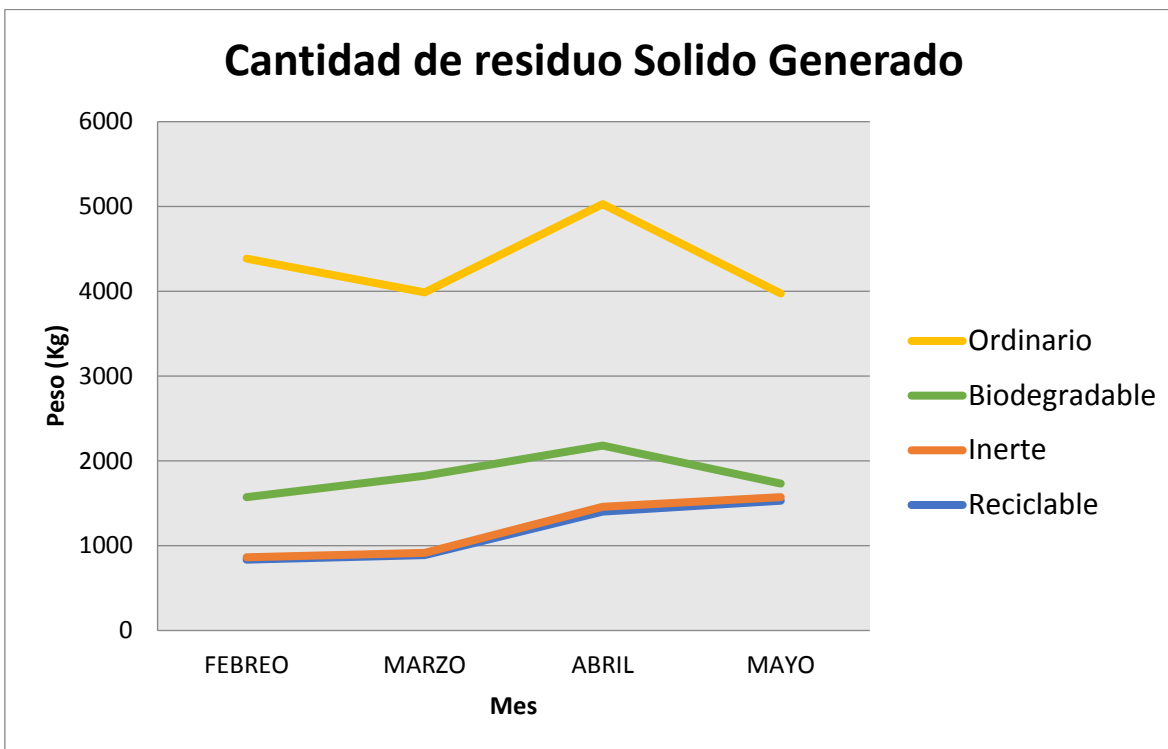
### Monitoreo de la generación de residuos

Teniendo en cuenta que con el desarrollo de la práctica se pretende institucionalizar el pesaje y monitoreo de la generación de residuos sólidos, se creó el formato “Registro y control de Residuos orgánicos” (Anexo A), el cual fue diligenciado durante el periodo comprendido entre 8 de febrero y el 31 de mayo, obteniéndose los siguientes resultados:

**Ilustración 3.** Tipo de Residuo Sólido Generado



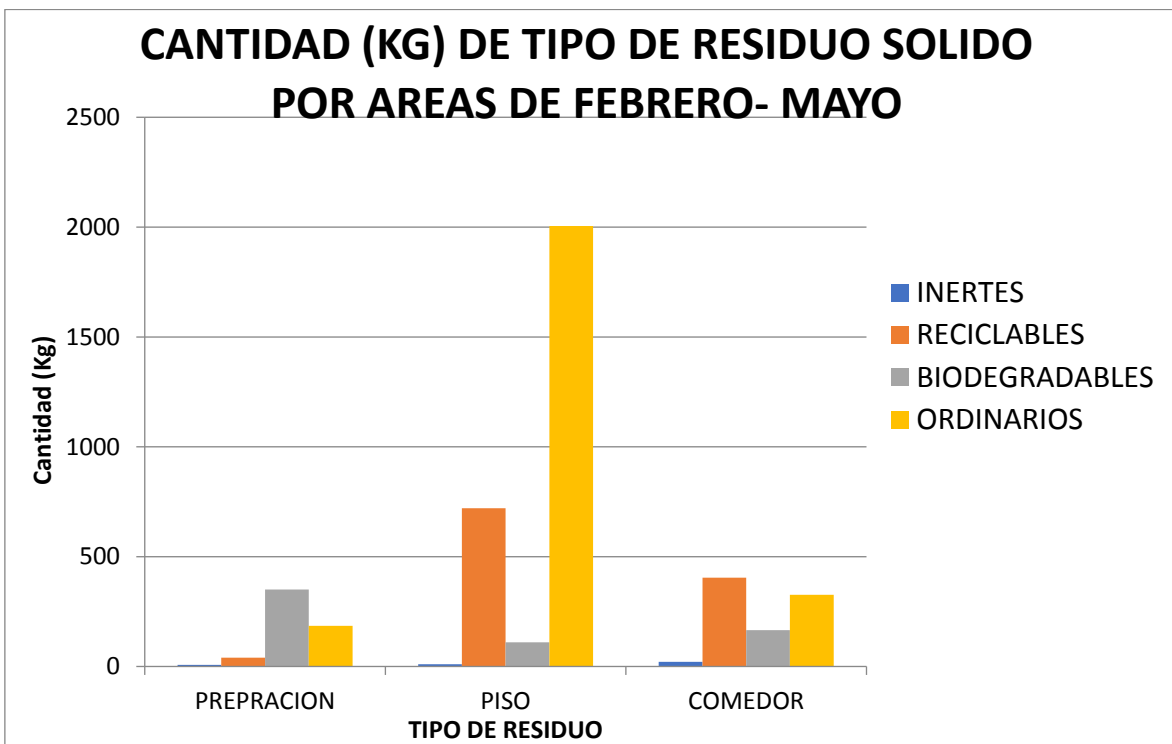
Fuente: Propia

**Ilustración 4.** Cantidad de residuo sólido generado

**Fuente:** Propia

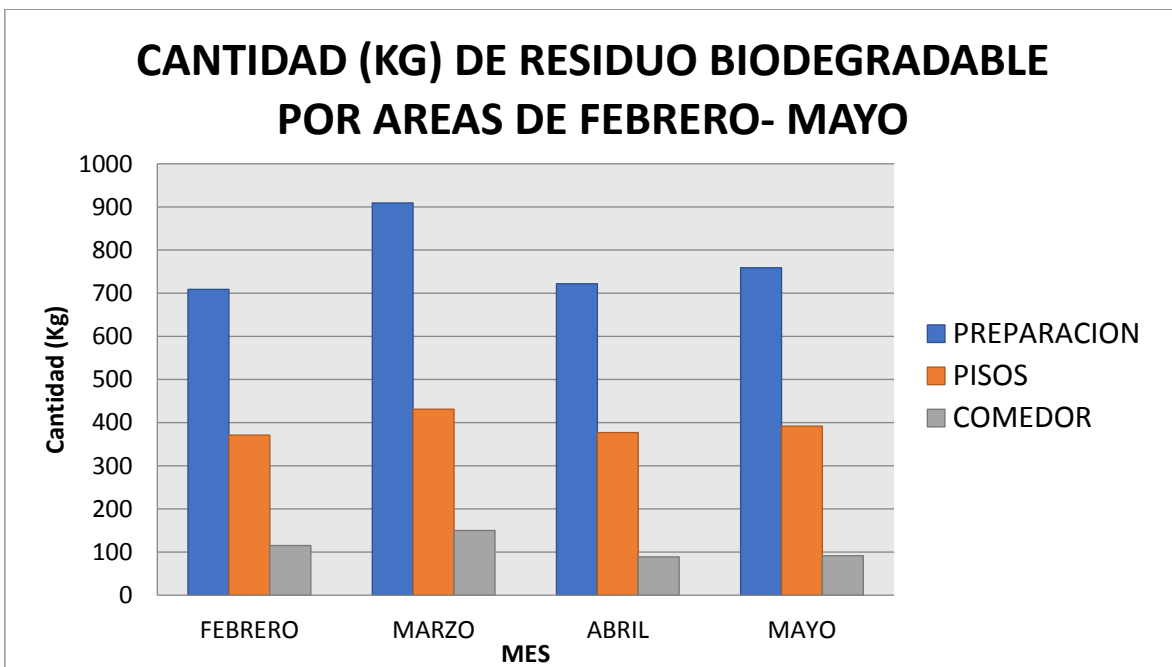
Para el seguimiento a los residuos biodegradables y en aras de establecer qué sector generaba mayor cantidad de residuos sólidos orgánicos aprovechables en el proceso de compostaje se realizó la recolección de la información realizando el pesaje de los residuos generados en áreas como los pisos de servicio, comedor y el área de preparación (cocina), al obtener los datos se generó la siguiente gráfica (Anexo B):

**Ilustración 5.** Cantidad de Residuo sólido generado por áreas.



Fuente: Propia

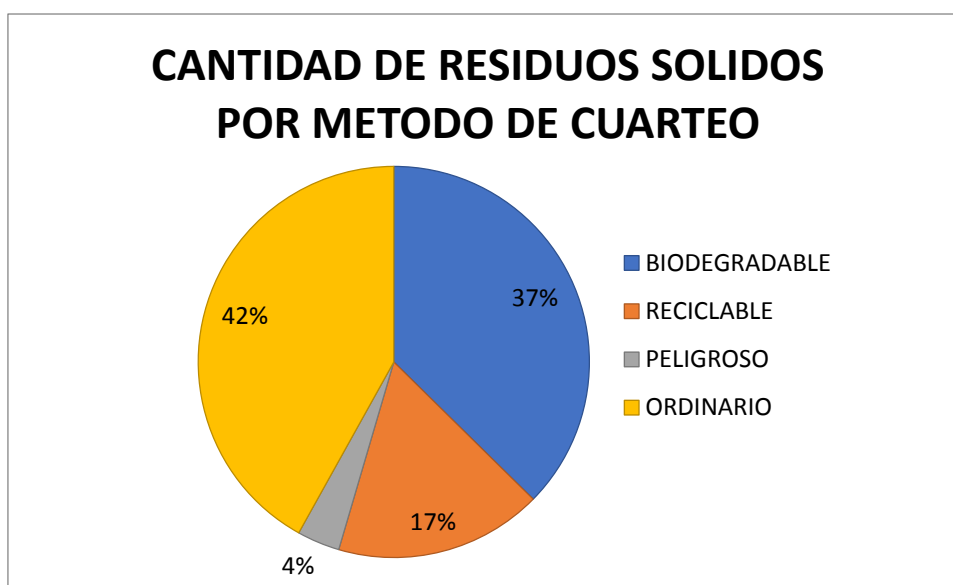
**Ilustración 6.** Cantidad de Residuo Biodegradable generado por áreas



Fuente: Propia

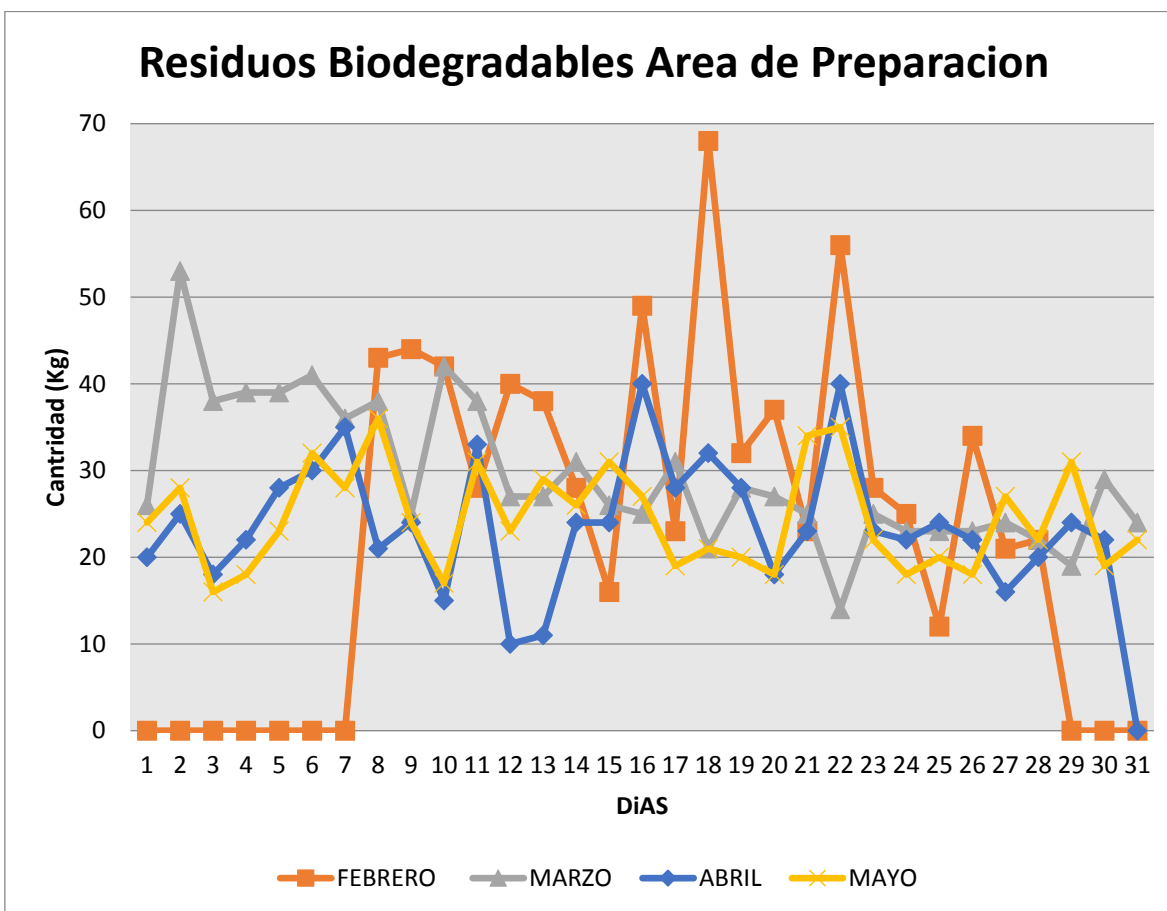
Una vez obtenido el residuo por área se realizó una verificación al azar de los contenedores de segregación por el método de cuarteo evidenciándose la inadecuada clasificación de material reciclable (papel y cartón) y residuos peligrosos (tapabocas, cubierta de medicamentos) en contenedores de residuos ordinarios (Anexo C), razón por la cual se realizó capacitación y sensibilización a los usuarios y personal asistencial del Hospital sobre la correcta segregación de residuos hospitalarios y similares.

**Ilustración 7.** Cantidad de Residuos sólidos por método de cuarteo en áreas



**Fuente:** Propia

Posteriormente se realizó un pesaje y monitoreo de los residuos generados en el área de preparación, en los cuales se evidenció una reducción de la fracción de residuos reciclables y peligrosos obtenidos previamente. De esta manera se pudo establecer las cantidades mensuales de residuos aprovechables en los sistemas de compostaje de la siguiente forma (Anexo D).

**Ilustración 8.** Residuos Biodegradables Área de Preparación

**Fuente:** Propia

### Muestreo y caracterización

Se inició con la recolección de los residuos biodegradables generados en un día donde se realizó un apilamiento sobre una funda de basura extendida y se mezcló con el rastrillo de jardinería, se trozan los residuos más voluminosos hasta conseguir un tamaño que resulte manipulable (Ilustración 9), se formó un círculo con los residuos y se dividió en cuatro partes iguales, se descartaron los cuartos opuestos entre sí, eliminando el material contenido en ellos, Se mezclan las partes iguales hasta homogenizar la muestra y se forma nuevamente el círculo de residuos sobre la funda (ilustración10), hasta obtener una muestra más pequeña y manejable.

**Ilustración 9.** Cuarteo de Residuos biodegradables del área de preparación



Fuente: Propia

**Ilustración 10.** Proceso de cuarteo



Fuente: Propia

La muestra total para cuarteo fue de 40 kg y la muestra para caracterización fue de 10 kg. De la muestra para caracterización se seleccionaron los subproductos como cáscaras de tubérculos, cáscaras de fruta y cáscaras de verdura (Ilustración 11) los cuales fueron pesados por separado. A partir de estos datos se calculó la fracción en peso que cada uno de ellos representa en la muestra total tomando como referencia la *Ecuación 1. Porcentaje de cada componente del residuo recolectado* y con este dato se determinó la cantidad producida diariamente de cada subproducto (Anexo D).

**Ecuación 1.** Porcentaje de cada componente del residuo recolectado

$$\text{Porcentaje (\%)} = \frac{P_i}{W_t} \times 100 \text{ Donde, } P_i: \text{ peso de cada componente y } W_t: \text{ peso total de los}$$

residuos recolectados en un día

**Fuente:** (Sandoval, 2004)

**Ilustración 11.** Subproductos biodegradables



**Fuente:** Propia



## Diseño de Composteras

Una vez definido el tipo y cantidad de residuos sólidos orgánicos generados en el Hospital San Rafael se procedió a la etapa de *alternativas de diseño de compostera*, donde se plantearon dos diseños de estructuras de compostera como método de aprovechamiento de residuos orgánicos (cascaras de verdura y restos de fruta) de la cocina, para lo cual se definieron los lugares de desarrollo del proyecto en las áreas externas de los centros de acopio de residuos reciclables y residuos ordinarios. Cabe destacar que dichas zonas se encuentran con material y equipos dados de baja sin disposición final determinada generando dificultades de acceso para determinar el área en (m<sup>2</sup>) (Ilustración 12). Se determinó la magnitud de las composteras teniendo en cuenta los factores que condicionan el proceso de compostaje según los autores de referencia en los parámetros de operación (Anexo E).

**Ilustración 12.** Zonas de estudio para la implementación de la compostera



**Fuente:** Propia



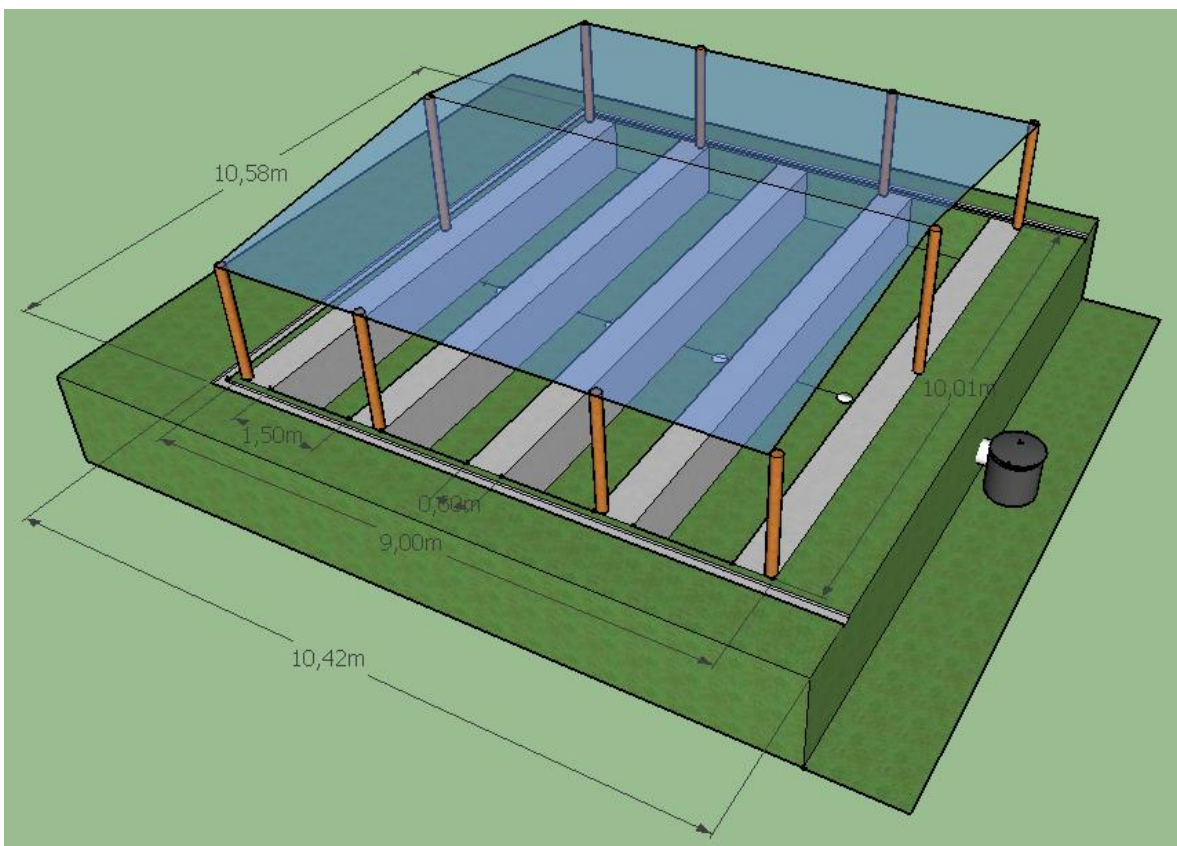
### **Compostera abierta o por pila**

De acuerdo con el Manual de compostaje del Agricultor de la FAO (Roman, Martinez, & Pantoja, 2013) se diseñó un compostaje por pila con un área de construcción de 90 m<sup>2</sup> presentando 4 Composteras internas de 15 m<sup>2</sup> cada una, con una capacidad total de 10 Ton para compostar, se presenta a continuación detalles de los cálculos del diseño teniendo en cuenta algunos parámetros del RAS 2017 (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012) (Ilustración 13).

- Área de construcción: 10m x 9m = 90 m<sup>2</sup>
- Área por compostera: 1,5m x 10m = 15 m<sup>2</sup>
- Numero de Composteras: 4
- Profundidad de fosa: 1m
- Separación entre compostera: 0,60 m
- Volumen por compostera: 1,5m x 10m x 1m = 15 m<sup>3</sup>
- Cantidad de Residuo a compostar: 10000 kg
- Numero de soportes de Guadua: 10
- Altura de Soportes de Guadua
  - 8 Soportes: 2 m cada uno
  - 2 Soportes: 2,50m cada uno
- Área de techo en cubierta plástica: 9m x 10,30m = 92,7 m<sup>2</sup>
- Área de permeabilización por compostera: 14m x 6m = 84m<sup>2</sup>
- Área total de permeabilización de composteras: 84 m<sup>2</sup> x 4 = 336m<sup>2</sup>
- Tubería principal lixiviado: PCV 3” de 12m de longitud

- Tubería Conectada a la red principal: 4 Tubos de 2 pulgadas de 0,13m de longitud
- Tapon para la tubería: 1, de 3 pulgadas.
- Rejilla para tubería: 4
- Almacenamiento de Lixiviado:
  - Capacidad: 250 Lt
  - Medidas tanque: ancho 810 mm x alto 720 mm.
  - Medidas tapa: ancho 850mm x alto 138 mm.
- Cuneta en concreto para manejo de agua lluvia: 31,42 m

**Ilustración 13.** Compostera por pila



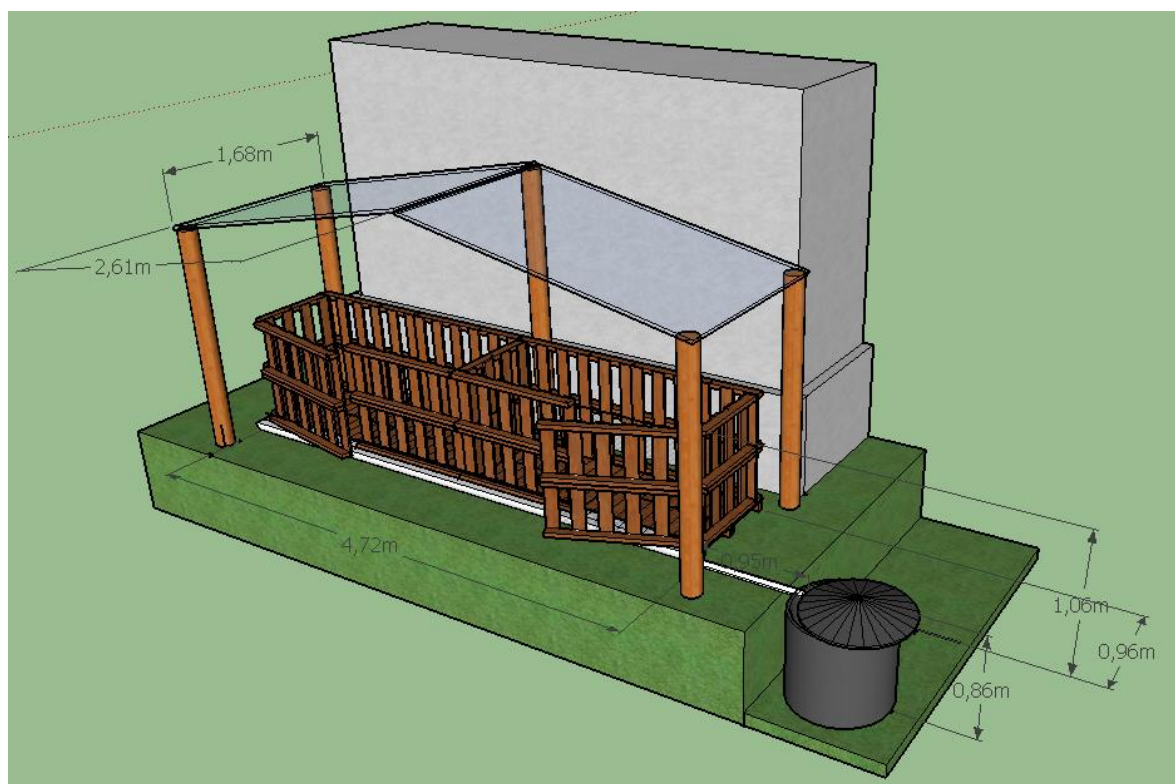
**Fuente:** Propia

### **Compostera por estibas de madera**

Como método de aprovechamiento del material recuperable que posee el Hospital el compostaje en cajones se plantea como una opción viable ya que su diseño permite controlar la aireación, humedad y temperatura, haciendo el compostaje más manejable y controlado, para tal fin se diseñó una estructuras a base de estibas de madera (ilustración 14) siguiendo la metodología del Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá (Sepulveda & Alvarado, 2013) y algunos parámetros de estudios de caso de (Bejarano & Delgadillo, 2007). Se presenta a continuación detalles de los cálculos de diseño.

- Área de construcción:  $4,72\text{m} \times 1\text{m} = 4,72 \text{ m}^2$
- Área de cada estiba de madera:  $1,18\text{m} \times 0,96\text{m} = 1,13 \text{ m}^2$
- Área del cajón de compostera:  $2,36\text{m} \times 0,96\text{m} = 2,27 \text{ m}^2$
- Numero de cajones de compost: 2
- Profundidad por cajón: 0,96m
- Volumen por Cajón de compostera:  $1,06\text{m} \times 2,36\text{m} \times 0,96\text{m} = 2,40 \text{ m}^3$
- Volumen total de compostera:  $2,40\text{m}^3 \times 2 \text{ cajones} = 4,8 \text{ m}^3$
- Cantidad de Residuo a compostar: 800 kg
- Numero de soportes de Guadua: 5
- Altura de Soportes de Guadua
  - 4 Soportes: 2 m cada uno
  - 2 Soporte: 2,50m cada uno
- Área de techo en cubierta plástica:  $1,68\text{m} \times 2,61\text{m} = 4,38\text{m}^2 \times 2 = 8,77\text{m}^2$
- Área total de permeabilización de composteras:  $3,0 \text{ m} \times 1,5\text{m} = 4,5\text{m}^2 \times 2 = 9\text{m}^2$

- Área malla compostera:
  - Cara superior:  $4,72\text{m} \times 0,96\text{m} = 4,53\text{m}^2$
  - Cara lateral (Largo):  $1,06\text{m} \times 2,36\text{m} = 2,50\text{m}^2 \times 4 \text{ lados} = 10\text{m}^2$
  - Cara lateral (Ancho):  $1,06\text{m} \times 0,96\text{m} = 1,02\text{m}^2 \times 3 \text{ lados} = 3,05\text{m}^2$
  - Total Malla Compostera:  $17,58\text{m}^2$
- Tubería lixiviado: Tubo canal RAINGO 5 m
- Conexión de tubería: 1 Tubo de 110 mm
- Almacenamiento de Lixiviado:
  - Capacidad: 250 Lt
  - Medidas tanque: ancho 810 mm x alto 720 mm.
  - Medidas tapa: ancho 850mm x alto 138 mm.

**Ilustración 14.** Compostaje por estibas de madera

**Fuente:** Propia

Es importante señalar que las redes de conducción de lixiviados en los sistemas de compostaje propuestos deben presentar una pendiente con el fin de obtenerlo de forma más sencilla para realizar su debida disposición final.

**Valoración económica**

Se realizó una valoración económica de las dos alternativas de estructura de compostera para determinar la más viable según las necesidades del Hospital San Rafael de Fusagasugá, fue necesario recurrir a tablas de Excel donde se discriminó la valoración estructural de cada una y se tuvo en cuenta la cantidad de materiales, proveedores, valor unitario, valor total y una celda nombrada como *valor real* donde se descartó el material estructural que dispone el Hospital San

Rafael, de igual manera se realizó una valoración de operación determinando la mano de obra para la ejecución del proyecto, el personal capacitado, entre otras (Anexo F). A continuación se describen los datos generales de costos de cada alternativa de compostera.

**Tabla 1.** Valoración económica

Tipo de compostera	Volumen (m <sup>3</sup> )	Capacidad de compostaje (Kg)	Costo estructural	Costo inicial de operación
Estibas	4,8	800	\$340.998	\$7.475.444
Por Pila	60	10000	\$3.974.318	\$7.475.444

**Fuente:** Propia

Los valores presentados en el Anexo F son soportados por distintas fuentes de referencia de acuerdo al material que se solicita, la mayoría de centros de cadena o puntos de distribución de fábrica, presentado los impuestos unitarios y garantía del producto, algunos incluyen la instalación y envío.

La compostera por estibas presenta el menor costo estructural, sin embargo la capacidad de carga para realizar el aprovechamiento de residuos orgánicos biodegradables de la cocina es de 800 kg, tomando en cuenta que el promedio del cuatrimestre de generación de residuos orgánicos biodegradables es cerca de 774,75 kg la compostera por estibas solo podrá ser aprovechable durante un mes, ahora bien, la compostera por pila al presentar un volumen 12 veces mayor tiene la capacidad de compostar hasta 10000 kg de materia, valor que puede presentarse en un año de producción en el área de preparación de la cocina, de igual manera, esta cantidad de residuo aprovechable en sistemas de compostaje tendrán una disminución en el costo

de la tasa de aseo. Para los tipos de estructura de compostaje se toma el mismo valor en costos de operación puesto que se necesita el personal idóneo para su ejecución.

## Conclusiones

La zona con mayor generación de residuos biodegradables corresponde al área de preparación o peladero ubicado en la cocina con una producción promedio mensual de 774,75 kg compuestos principalmente por cáscaras de verduras, tubérculos y frutas.

En la totalidad de las áreas muestreadas en el hospital, se evidencio una inadecuada segregación de residuos, hecho que atribuye a falta de capacitación del personal asistencial y la población flotante de la institución.

Al determinar el tipo de residuo a compostar, la zona y disponibilidad de materiales para el desarrollo del proyecto se puede concluir que el sistema más adecuado para instalar en el Hospital corresponde al sistema por compostaje por pila ya que es proceso que permite tratar la mayor cantidad de residuos generados. El abono que se obtenga será un producto empleado como enmienda orgánica en las zonas verdes del Hospital disminuyendo los porcentajes de residuos entregados a la empresa de aseo municipal.

Se plantearon dos sistema de compostaje con aireación pasiva o natural, uno de ellos a base de estibas de madera con una capacidad de aprovechamiento de residuos biodegradables de 800 kg y un costo estructural de \$340.998; y un compostaje por pila con capacidad de 10000 kg y un costo estructural de \$3.974.318, ambos presentan un costo operacional de \$7.475.444, en el diseño se tuvo en cuenta la generación de posibles lixiviados y su forma de transporte y recolección para ser dispuestos a un gestor externo.



## Recomendaciones

El lugar designado para el proyecto está ubicado en la parte externa del centro de acopio de residuos ordinarios y reciclables del hospital San Rafael de Fusagasugá. El terreno previamente seleccionado, no cumple con algunas condiciones para ejecutar el proyecto ya que presenta toneladas de material dado de baja sin disposición final ni área de almacenamiento temporal, haciendo necesario realizar limpieza de la zona y adecuación

Una vez adecuado el lugar de implementación del compostaje es recomendable colocar una capa de aserrín o restos de poda, para protección del suelo por alguna eventual infiltración de lixiviado, y retirar las piedras que impidan que el terreno sea plano. A cada una de las estructuras se les debe adaptar una base en plástico negro, con el fin de evitar la percolación de lixiviados al suelo.

Se debe tener en cuenta que los diseños planteados se realizan conforme al material proporcionado por la institución de salud y para empezar con la implementación del compostaje se debe iniciar con un proyecto piloto el cual será diseñado con dimensiones más pequeñas y con una cantidad de residuo orgánico menor al generado mensualmente puesto que los trabajadores no cuentan con experiencia en campo para la producción de compost.

Como base para la implementación de compost se recomienda seguir el *El Manual de Compostaje del Agricultor* (Roman, Martinez, & Pantoja, 2013) de la FAO y el *Manual de Compostaje* (Sepulveda & Alvarado, 2013) proyecto del área Metropolitana del Valle de

Aburra, como guías de aprendizaje sobre la producción de compost buscando la formación y fortalecimiento de mejores prácticas y hábitos de separación en la fuente, como método de aprovechamiento de residuos sólidos orgánicos por medio del compostaje basados en tablas y parámetros como indicadores para el seguimiento y control.

## Bibliografía

- Acosta, W., & Peralta, M. (2015). *ELABORACIÓN DE ABONOS ORGÁNICOS A PARTIR DEL COMPOSTAJE DE RESIDUOS AGRÍCOLAS EN EL MUNICIPIO DE FUSAGASUGÁ*. Universidad de Cundinamarca, Facultad de ciencias agropecuarias. Fusagasugá: Universidad de Cundinamarca. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <http://repositorio.ucundinamarca.edu.co:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1234/ELABORACION%20DE%20ABONOS%20ORGANICOS%20A%20PARTIR%20DEL%20COMPOSTAJE%20DE%20R.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aros, J. (2018). *DISEÑO DE UN MODELO DE MEDICIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL HOSPITALARIA DESDE LA PERSPECTIVA DE LA INTELIGENCIA ECOLÓGICA PARA EL SECTOR DE LA SALUD: UNIDADES DE SERVICIOS DE SALUD DE VISTA HERMOSA Y EL TUNAL*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas , Facultad de medio ambiente y recursos naturales. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de [http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13942/1/ArosRodr%C3%ADguez\\_JohnEduard\\_2018.pdf](http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/13942/1/ArosRodr%C3%ADguez_JohnEduard_2018.pdf)
- Bejarano, E., & Delgadillo, S. (2007). *EVALUACIÓN DE UN TRATAMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE COMPOST A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS PROVENIENTES DEL RANCHO DE COMIDAS DEL ESTABLECIMIENTO CARCELARIO DE BOGOTÁ “LA MODELO” POR MEDIO DE LA UTILIZACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (EM)*. UNIVERSIDAD DE LA SALLE,

FACULTAD DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA . BOGOTA:  
UNIVERSIDAD DE LA SALLE.

Bongcam, E. (2003). *Guía para compostaje y manejo de suelos*. (S. D. S.A, Ed.) Bogota: Ciencia y tecnología N110.

Gonzales, N., & Ardila, I. (2011). *DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y DE FACTORES DE RIESGO EN SALUD OCUPACIONAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL PARA LA FORMULACIÓN DE PLANES DE MANEJO Y MEJORAMIENTO DE LA EMPRESA SOCIAL DEL ESTADO HOSPITAL SAN RAFAEL DE FUSAGASUGÁ*. UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS, FACULTAD DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES. Bogotá: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS. Recuperado el 22 de marzo de 2019

Haug, R. (2018). *El manual práctico de ingeniería de compost*. Londres: Routledge. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=i0taDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT21&dq=compost&ots=M8bXKTKaBk&sig=LYXGfVHvg9ABOvNZmyqPJEJ4GnU>

Hospital San Rafael de Fusagasugá. (30 de julio de 2018). *Conozcamos el sistema: Hospital San Rafael de Fusagasugá*. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de [hospitaldefusagasuga.gov.co: https://www.hospitaldefusagasuga.gov.co/single-post/2018/07/30/Conozcamos-el-sistema-Hospital-San-Rafael-de-Fusagasug%C3%A1](https://www.hospitaldefusagasuga.gov.co/single-post/2018/07/30/Conozcamos-el-sistema-Hospital-San-Rafael-de-Fusagasug%C3%A1)

Jaramillo, G., & Zapata, L. (2008). *APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS EN COLOMBIA*. Universidad de Antioquia, Facultad de ingeniería. Medellín: Universidad de Antioquia. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de

<http://bibliotecadigital.udea.edu.co/dspace/bitstream/10495/45/1/AprovechamientoRSOUenColombia.pdf>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2012). Título F. Sistemas de aseo urbano. En C. y.

Ministerio de Vivienda, *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS 2000* (pág. 264). Bogotá.

Muñoz, J. (1999). *Metodología de Caracterización de Residuos Sólidos Urbanos y Bases Para el*

*Desarrollo de un Laboratorio*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE

VALPARAÍSO, Facultad de Ingeniería. VALPARAÍSO: PONTIFICIA UNIVERSIDAD

CATÓLICA DE VALPARAÍSO. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de

[http://opac.pucv.cl/pucv\\_txt/txt-6500/UCO6800\\_01.pdf](http://opac.pucv.cl/pucv_txt/txt-6500/UCO6800_01.pdf)

Ninco, C., & Sanchez, J. (2017). *PROPUESTA PARA LA PRODUCCIÓN DE ABONO*

*ORGÁNICO MEDIANTE EL COMPOSTAJE DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL*

*MUNICIPIO EL ROSAL, CUNDINAMARCA*. FUNDACIÓN UNIVERSIDAD DE

AMÉRICA, FACULTAD DE INGENIERÍAS. BOGOTÁ D.C: FUNDACIÓN

UNIVERSIDAD DE AMÉRICA.

OMS. (08 de febrero de 2018). *Desechos de las actividades de atención sanitaria*. Recuperado el

21 de marzo de 2019, de Organización Mundial de la Salud:

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>

Penagos, J., Adarraga, J., Aguas, D., & Molina, E. (24 de Octubre de 2011). Reducción de los

residuos sólidos orgánicos en Colombia por medio del compostaje líquido. *Revista*

*Ingeniare*(11), 37-44. Recuperado el 21 de Marzo de 2019, de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6579711>

- Peñaranda, L., Montenegro, S., & Giraldo, P. (5 de Junio de 2017). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, VIII(2), 141-150.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente; Salud sin Daño. (2007). *Prevenir es mejor que curar. Hoja informativa sobre el manejo de residuos hospitalarios*. Salud sin Daño. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de <https://saludsindanio.org/documentos/americalatina/prevenir-es-mejor-que-curar>
- Puerta, S. (2007). *Evaluación física, química y microbiológica del proceso del compostaje de residuos sólidos urbanos, con microorganismos nativos y comerciales en el municipio de Venecia (Ant.)*. Medellín: Tesis de Maestría en Biotecnología. Recuperado el 28 de marzo de 2019
- Roman, P., Martinez, M., & Pantoja, A. (2013). *MANUAL DE COMPOSTAJE DEL AGRICULTOR*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe , Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Chile: FAO. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de <http://www.fao.org/3/a-i3388s.pdf>
- Saenz, A., & Urdaneta, J. (septiembre de 2014). Manejo de residuos sólidos en América Latina y el Caribe. *Revista OMNIA*, XX(3), 121-135.
- Salud sin Daño. (2013). *Cerrando el ciclo de los nutrientes: hospitales que reciclan sus residuos orgánicos*. Buenos Aires. Recuperado el 21 de marzo de 2019, de [https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1358/Cerrando\\_el\\_Ciclo\\_de\\_los\\_Nutrientes.pdf](https://saludsindanio.org/sites/default/files/documents-files/1358/Cerrando_el_Ciclo_de_los_Nutrientes.pdf)
- Salud y seguridad en el trabajo (SST). (2019). *Formulario RHI*. Hospital San Rafael, Cundinamarca. Fusagasuga: Hospital San Rafael.

Sandoval, L. (2004). GUÍA PARA CARACTERIZACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

DOMICILIARIOS. En L. Sandoval, *INFORME TÉCNICO 634* (pág. 59). Cobija Pando, Bolivia.

Secretaría Distrital de Salud. (2002). *MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS HOSPITALARIOS Y SIMILARES EN COLOMBIA MPGIRH.*

Ministerio de Salud. Bogotá: FOTOLITO AMÉRICA LTDA. Recuperado el 22 de marzo de 2019, de

<http://www.saludcapital.gov.co/Documents/Resoluci%C3%B3n%201164%202002%20-%20Manual%20Residuos%20Hospitalarios.pdf>

Sepulveda, L., & Alvarado, J. (2013). *Manual de compostaje. Manual de aprovechamiento de residuos orgánicos a través de sistemas de compostaje y lombricultura en el Valle de Aburrá.* (Primera edición ed.). Medellín, Colombia: Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Recuperado el 28 de marzo de 2019, de

<http://www.earthgreen.com.co/descargas/manual-compostaje.pdf>

## Anexos

### Anexo A. Cantidad Residuos no peligrosos

CLASIFICACIÓN	TIPO DE RESIDUO	FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO	
		Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%
NOPELIGROSO	RECICLABLE	835,4	19,0%	889,2	23%	1402,8	28%	1530,5	33%
	BIODEGRADABLE	709	16,2%	909	23%	722	14%	759	17%
	INERTES	28	0,6%	26	1%	56	1%	42	1%
	ORDINARIOS	2813,1	64,1%	2126,9	54%	2847,1	57%	2242,6	49%
<b>TOTAL</b>		<b>4385,5</b>	<b>100%</b>	<b>3951,1</b>	<b>100%</b>	<b>5027,9</b>	<b>100%</b>	<b>4574,1</b>	<b>100%</b>

TABLA GENERAL DE RESIDUOS GENERADOS									
TIPO DE RESIDUOS	FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	Kg	%	
TOTAL PELIGROSOS	7414,6	62,8%	8568,2	68,4%	7733,6	60,6%	7853,6	63,2%	
TOTAL NO PELIGROSOS	4385,5	37,2%	3951,1	31,6%	5027,9	39%	4574,1	37%	
TOTAL RESIDUOS GENERADOS	11800,1	100%	12519,3	100%	12761,5	100%	12427,7	100%	


ORIGINAL

Logo: UNIVERSIDAD COLOMBIANA  
 REGISTRO RECOLECCIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS HOSPITAL SAN RAFAEL  
 FECHA: 2019  
 PAGINA: 1de1  
 Alejandra Rozo      Página 1      Pasantía Ingeniería Ambiental

Fuente: Propia



Anexo B. Cantidad Residuo orgánico generado por áreas



REGISTRO RECOLECCIÓN DE  
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS  
COCINA DEL HOSPITAL SAN RAFAEL

FECHA: 2019  
PAGINA: 1 de 1

MES	FEBRERO						TOTAL
DÍA	RESIDUOS PISOS		RESIDUOS COMEDOR		RESIDUOS PREPARACIÓN		kg
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	
1	11,5	79%	3	21%	0	0%	14,5
2	11	79%	3	21%	0	0%	14
3	8,2	67%	4	33%	0	0%	12,2
4	9,8	77%	3	23%	0	0%	12,8
5	9,8	100%	0	0%	0	0%	9,8
6	17,5	85%	3	15%	0	0%	20,5
7	14,3	75%	4,7	25%	0	0%	19
8	12,3	22%	0	0%	43	78%	55,3
9	15,2	24%	4	6%	44	70%	63,2
10	13	23%	2	4%	42	74%	57
11	17,8	39%	0	0%	28	61%	45,8
12	15,8	26%	4	7%	40	67%	59,8
13	20	34%	0	0%	38	66%	58
14	17,8	34%	6,5	12%	28	54%	52,3
15	14,8	42%	4,8	13%	16	45%	35,6
16	0	0%	0	0%	49	100%	49
17	0	0%	0	0%	23	100%	23
18	22,3	24%	4	4%	68	72%	94,3
19	14	26%	8	15%	32	59%	54
20	15	27%	4	7%	37	66%	56
21	14,5	33%	6,3	14%	23	53%	43,8
22	8,5	11%	10	13%	56	75%	74,5
23	0	0%	0	0%	28	100%	28
24	26,5	39%	17	25%	25	36%	68,5
25	12,8	44%	4	14%	12	42%	28,8
26	16	29%	6,1	11%	34	61%	56,1
27	15,2	35%	7	16%	21	49%	43,2
28	17	37%	6,5	14%	22	48%	45,5
29	-	-	-	-	-	-	-
30	-	-	-	-	-	-	-
31	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>370,6</b>		<b>114,9</b>		<b>709</b>		<b>1194,5</b>

Alejandra Rozo

Página 1

Pasantía Ingeniería Ambiental

Fuente: Propia



REGISTRO RECOLECCIÓN DE  
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS  
COCINA DEL HOSPITAL SAN RAFAEL

FECHA: 2019  
PÁGINA: 2 de 2

MES	MARZO						
DÍA	RESIDUOS PISOS		RESIDUOS COMEDOR		RESIDUOS PREPARACIÓN		TOTAL
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	kg
1	12	32%	0	0%	25	68%	38
2	13	20%	0	0%	53	80%	66
3	8	17%	0	0%	38	83%	46
4	19	25%	18	24%	39	51%	76
5	10	14%	23	32%	39	54%	72
6	6,1	13%	0	0%	41	87%	47,1
7	15	24%	11	18%	36	58%	62
8	0	0%	28	42%	38	58%	66
9	23	48%	0	0%	25	52%	48
10	12	18%	12	18%	42	64%	66
11	4	9%	2	3%	38	86%	44
12	15	36%	0	0%	27	64%	42
13	11,5	25%	8	17%	27	58%	46,5
14	14	31%	0	0%	31	69%	45
15	0	0%	6	19%	26	81%	32
16	18,5	43%	0	0%	25	57%	43,5
17	13,5	30%	0	0%	31	70%	44,5
18	22	39%	13	23%	21	38%	56
19	16,5	29%	12	21%	28	50%	56,5
20	18	29%	17	27%	27	44%	62
21	13	34%	0	0%	25	68%	38
22	16	53%	0	0%	14	47%	30
23	15	38%	0	0%	25	68%	40
24	16	41%	0	0%	23	59%	39
25	23	50%	0	0%	23	50%	46
26	13	36%	0	0%	23	64%	36
27	17	41%	0	0%	24	59%	41
28	16	42%	0	0%	22	58%	38
29	15	44%	0	0%	19	56%	34
30	18	38%	0	0%	29	62%	47
31	18	43%	0	0%	24	57%	42
<b>TOTAL</b>	<b>431,1</b>		<b>150</b>		<b>909</b>		<b>1490,1</b>



REGISTRO RECOLECCIÓN DE  
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS  
COCINA DEL HOSPITAL SAN RAFAEL

FECHA: 2019  
PAGINA: 3 de 3

MES	ABRIL						
DÍA	RESIDUOS PISOS		RESIDUOS COMEDOR		RESIDUOS PREPARACIÓN		TOTAL
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	kg
1	0	0%	0	0%	20	100%	20
2	20	42%	25	5%	25	53%	47,5
3	13	37%	38	11%	18	52%	34,8
4	14,5	35%	45	11%	22	54%	41
5	11,8	28%	25	6%	28	66%	42,3
6	34	50%	35	5%	30	44%	67,5
7	0	-	0	-	35	100%	35
8	0	0%	0	0%	21	100%	21
9	14	34%	3	7%	24	56%	41
10	12,5	40%	4	13%	15	48%	31,5
11	12	25%	3	6%	38	69%	46
12	13,3	49%	4	15%	10	37%	27,3
13	0	-	0	-	11	100%	11
14	23	46%	3	6%	24	48%	50
15	13	32%	38	9%	24	56%	40,8
16	12	21%	4	7%	40	71%	56
17	11,8	28%	2	5%	28	67%	41,8
18	12,5	25%	55	11%	32	64%	50
19	13	29%	4	9%	28	62%	45
20	0	-	0	-	18	100%	18
21	27	51%	28	5%	28	44%	52,8
22	15,8	27%	24	4%	40	69%	58,2
23	10,8	30%	25	7%	28	63%	36,3
24	14,1	34%	52	13%	22	53%	41,3
25	13,8	33%	41	10%	24	57%	41,9
26	16	38%	45	11%	22	52%	42,5
27	0	-	0	-	16	100%	16
28	22,5	47%	5	11%	20	42%	47,5
29	12	31%	28	7%	24	62%	38,8
30	14,2	33%	66	15%	22	51%	42,8
31	-	-	-	-	-	-	-
<b>TOTAL</b>	<b>376,6</b>		<b>89</b>		<b>722</b>		<b>1187,6</b>



REGISTRO RECOLECCIÓN DE  
RESIDUOS SÓLIDOS ORGÁNICOS  
COO NA DEL HOSPTAL SAN RAFAEL

FECHA: 2019  
PAGINA: 4de4

MES	MAYO						
DÍA	RESIDUOS PISOS		RESIDUOS COMEDOR		RESIDUOS PREPARACIÓN		TOTAL
	Kg	%	Kg	%	Kg	%	kg
1	0	0%	0	0%	24	100%	24
2	20	40%	2,5	5%	28	55%	50,5
3	13	40%	3,8	12%	16	49%	32,8
4	14,5	39%	4,5	12%	18	49%	37
5	11,8	32%	2,5	7%	23	62%	37,3
6	34	49%	3,5	5%	32	46%	69,5
7	0	-	0	-	28	-	28
8	0	0%	0	0%	36	100%	36
9	14	34%	3	7%	24	59%	41
10	12,5	37%	4	12%	17	51%	33,5
11	12	26%	3	7%	31	67%	46
12	13,3	33%	4	10%	23	57%	40,3
13	0	-	0	-	29	-	29
14	23	44%	3	6%	26	50%	52
15	13	27%	3,8	8%	31	65%	47,8
16	12	28%	4	9%	27	63%	43
17	11,8	36%	2	6%	19	58%	32,8
18	12,5	32%	5,5	14%	21	54%	39
19	13	35%	4	11%	20	54%	37
20	0	-	0	-	18	-	18
21	27	42%	2,8	4%	34	53%	63,8
22	15,8	30%	2,4	5%	35	66%	53,2
23	10,8	31%	2,5	7%	22	62%	35,3
24	14,1	38%	5,2	14%	18	48%	37,3
25	13,8	36%	4,1	11%	20	53%	37,9
26	16	42%	4,5	12%	18	47%	38,5
27	0	-	0	-	27	-	27
28	22,5	45%	5	10%	22	44%	49,5
29	12	26%	2,8	6%	31	68%	45,8
30	14,2	36%	6,6	17%	19	48%	39,8
31	15,5	39%	2,5	6%	22	55%	40
<b>TOTAL</b>	<b>392,1</b>		<b>91,5</b>		<b>759</b>		<b>1242,6</b>

## Anexo C. Método de cuarteo de Residuos Sólidos por áreas

**CUARTEO COMEDOR**

<b>RESIDUO</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Peso (%)</b>
BIODEGRADABLE	2,1	32%
RECICLABLE	1,8	27%
PELIGROSO	0,5	8%
ORDINARIO	2,2	33%
<b>TOTAL</b>	<b>6,6</b>	<b>100%</b>

**CUARTEO AREA DE PISO**

<b>RESIDUO</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Peso (%)</b>
BIODEGRADABLE	3,2	23%
RECICLABLE	2,1	15%
PELIGROSO	0,7	5%
ORDINARIO	8	57%
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>100%</b>

**CUARTEO AREA DE PREPARACION**

<b>RESIDUO</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Peso (%)</b>
BIODEGRADABLE	9,5	50%
RECICLABLE	2,9	15%
PELIGROSO	0,2	1%
ORDINARIO	6,4	34%
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>100%</b>


**PROMEDIO CUARTEO POR AREA**

<b>RESIDUO</b>	<b>Peso (Kg)</b>	<b>Peso (%)</b>
BIODEGRADABLE	4,9	37%
RECICLABLE	2,3	17%
PELIGROSO	0,5	4%
ORDINARIO	5,5	42%
<b>TOTAL</b>	<b>13,2</b>	<b>100%</b>

Fuente: Propia

**Anexo D.** Seguimiento recolección de residuos orgánicos servicio de alimentación Hospital

San Rafael.

		SEGUIMIENTO RECOLECCIÓN DE RESIDUOS ORGÁNICOS SERVICIO DE ALIMENTACION HOSPITAL SAN RAFAEL		FECHA: 2019 PAGINA: 1 de 1																		
<b>RESIDUOS RECOLECTADOS</b>		Cáscara de papa, plátano, yuca, cebolla, coliflor, arracacha, Cáscara de fruta (Maraçuyá, tomate de árbol, hui, entre otros)																				
<b>FEBRERO</b>																						
ME S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
DÍA	/	/	/	/	/	/	/	43	44	42	28	40	38	28	16	49	23	68	32	37	23	
FE SO (Kg)																						
DÍA	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL Kg											
FE SO (Kg)	56	28	25	12	34	21	22	/	/	/	709											
<b>MARZO</b>																						
ME S	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
DÍA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	
FE SO (Kg)	26	53	38	39	39	41	36	38	25	42	38	27	27	31	26	25	31	21	28	27	25	
DÍA	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	TOTAL Kg											
FE SO (Kg)	14	25	23	23	23	24	22	19	29	24	909											

Alejandra Roco

Página 1

Pasantía Ingeniería Ambiental

Fuente: Propia



**Anexo E.** Calculo Ecuación 1. Porcentaje de cada componente del residuo recolectado

Porcentaje (%) =  $\frac{P_i}{W_t} \times 100$  Donde, **P<sub>i</sub>**: peso de cada componente y **w<sub>t</sub>**: peso total de los residuos recolectados en un día

- RESIDUO RECOLECTADO: 40 Kg = 100%
- RESIDUO MUESTRA: 10 Kg = 25%
  - RESIDUO CASCARA TUBERCULOS: 4,5 Kg  
Porcentaje (%) =  $\frac{4,5 \text{ Kg}}{40} \times 100 = 11,25\%$
  - RESIDUO CASCARA FRUTAS: 3,5 Kg  
Porcentaje (%) =  $\frac{3,5 \text{ Kg}}{40} \times 100 = 8,75\%$
  - RESIDUO CASCARA VERDURA: 2Kg  
Porcentaje (%) =  $\frac{2 \text{ Kg}}{40} \times 100 = 5\%$



## Anexo F. Parámetros de operación

## COMPOSTAJE AEROBIO

<b>Parametro</b>	<b>Autor</b>	<b>Manual de la FAO</b>	<b>Manual del Valle de Aburra</b>	<b>RAS 2000</b>
<b>Aireacion</b>		10%	15% - 20%	15% - 20%
<b>Humedad</b>		45% - 60%	40% - 60%	50% - 60% 40% - 50%
<b>Volteo</b>			2 - 3días	4 a 5 3 a 4
<b>pH</b>		5,8 - 7,2	5,5 - 8,0	7
<b>C/N</b>		35:1 - 15:1	30:1 - 25:1	20:1 - 30:1
<b>Tamaño</b>		5 - 20cm	1 - 10cm	5 - 15cm
<b>Temperatura</b>				
	<b>Mesofilo</b>	<45°C	<40°C	20°C- 45°C
	<b>Termofilo</b>	>45°C	60°C- 65°C	>55°C
	<b>Enfriamiento</b>	40°C- 45°C	40°C- 60°C	40°C- 45°C

**Fuente:** Adoptado de (Sepulveda & Alvarado, 2013) (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2012), (Roman, Martinez, & Pantoja, 2013)

## Anexo G. Valoración económica


**VALORACIÓN ECONÓMICA PROYECTO COMPOSTAJE  
HOSPITAL SAN RAFAEL**

FECHA: 2019 PAGINA: 1 de 1

COSTO ESTRUCTURAL COMPOSTERA POR PILA						
Cantidad	Material	Descripción	Referencia	Valor Unitario	Valor Total	Valor Real
10	Palos de Guadua	Esta guadua cuenta con una longitud de 6 metros y es seleccionada generalmente entre 9 a 12 cm de diámetro	guadua.ambucolumbia.com	\$ 8.000	\$ 80.000	\$ 0
93m2	Plástico	Plástico Agrolene Uv 1 Metros X 10 Metros Ancho (10m2) Calibre 7 especial para invernaderos	Agrolene	\$ 52.900	\$ 476.100	\$ 476.100
336m2	Geomembrana	Geomembrana HDPDE GERFOR, Rollo 20 mils (e: 0,50mm), \$/m2, incluye iva del 16%	GERFOR	\$ 8.272	\$ 2.779.392	\$ 2.779.392
1	Tornillo	Tomillo especializado autofix 6 X 1.5" Caja x 100	Madecentro	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 0
1	Tapon tubería	Tapon de prueba para tubos de diámetro de 3 pulgadas	CELTA	\$ 1.297	\$ 1.297	\$ 1.297
12m	Tubería	Tubería sanitaria línea azul CELTA de 6m de longitud, diámetro de 3 pulgadas, iva incluido	CELTA	\$ 43.910	\$ 87.820	\$ 87.820
1m	Tubería	Tubería sanitaria línea azul CELTA, longitud de 6m, 2 pulgadas	CELTA	\$ 29.744	\$ 4.957	\$ 4.957
4	Rejilla	Rejilla concéntrica de 2 pulgadas, elaborada en aluminio debido a sus propiedades de tolerancia al desgaste producto del contacto frecuente con el agua, marca MA Faucets, con ranuras amplias para una caída libre de agua.	EASY	\$ 7.990	\$ 31.960	\$ 31.960
1	Tanque	Tanque Plástico 250 Litros Negro Eternit, Contiene: Tapa, tanques y accesorios de entrada y de salida. Características: Doble capas, una capa exterior en negro o azul para evitar el paso de los rayos ultravioleta, otra capa interior clara en tanques negros para facilitar la inspección de líquidos y oscura en tanques de color para prevenir crecimiento de microorganismos. Medidas tanque: ancho 810 mm x alto 720 mm. Medidas tapa: ancho 850mm x alto 138 mm	EASY	\$ 96.291	\$ 96.291	\$ 96.291
1	Cuneta	Cuneta de concreto clase E, 2500 PSI fundida en el Lugar, ESTOS PRECIOS CONTEMPLAN SUMINISTRO, INSTALACIÓN Y TRANSPORTE	iccu.gov.co	\$ 496.501	\$ 496.501	\$ 496.501
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 4.059.318</b>	<b>\$ 3.974.318</b>

Fuente: Propia



**VALORACIÓN ECONÓMICA PROYECTO COMPOSTAJE  
HOSPITAL SAN RAFAEL**

FECHA: 2019PAGINA: 3de3

COSTO ESTRUCTUAL COMPOSTERA POR ESTIBA DE MADERA						
Cantidad	Material	Descripción	Referencia	Valor Unitario	Valor Total	Valor Real
15	Estibas Madera	El "Pallet", "Paleta" o "Estiba" es una plataforma horizontal usada como base para el transporte de mercancía, 1.20m x 1.00m	Central de Maderas G&S S.A.S	\$ 11.900	\$ 178.500	\$ 0
18 m2	Malla plástica	Malla en polietileno de alta, 50m de largo x 1,80m de ancho (90m2), con onficios de 1 pulgada	Colmallas S.A	\$ 92.260	\$ 18.452	\$ 18.452
4	Bisagras	Bisagra para puerta de paso 76 x 76 mm con tonillos	Madecentro	\$ 3.400	\$ 13.600	\$ 13.600
6	Palos de Guadua	Esta guadua cuenta con una longitud de 6 metros y es seleccionada generalmente entre 9 a 12 cm de diámetro	guadua bambucolombia.com	\$ 8.000	\$ 48.000	\$ 0
2	cerradura	cerraduras para puerta corredera de acero inoxidable (Incluye tornillos de montaje para madera), 6,5 x 3,5 cm (largo x ancho); diámetro del agujero de montaje: 4 mm	Madecentro	\$ 5.000	\$ 10.000	\$ 10.000
9m2	Plástico	Plástico Agrolene Uv 1 Metros x 10 Metros Ancho (10m2) Calibre 7 especial para inveneros	Agrolene	\$ 52.900	\$ 52.900	\$ 52.900
9m2	Geomembrana	Geomembrana HDPDE GERFOR, Rollo 20 mils (e: 0,50mm), incluye iva del 16%	GERFOR	\$ 8.272	\$ 74.448	\$ 74.448
1	Tornillo	Tornillo especializado autofix 6 X 1.5" Caja x 100	Madecentro	\$ 5.000	\$ 5.000	\$ 0
5m	Tubería	Tubo canal Raingo PAVCO, 5 mt de Longitud, capacidad de la Canal de 30 mt2, Alto 69,16mm, Ancho 300mm, profundo 116,44mm	PAVCO	\$ 12.330	\$ 61.650	\$ 61.650
2	tapa	Tapa canal Raingo interna	PAVCO	\$ 4.350	\$ 8.700	\$ 8.700
1m	Tubería	Tubería sanitaria línea azul CELTA, longitud de 6m, 2 pulgadas	CELTA	\$ 29.744	\$ 4.957	\$ 4.957
1	Tanque	Tanque Plástico 250 Litros Negro Eternit, Contiene: Tapa, tanques y accesorios de entrada y de salida. Características: Doble capas, una capa exterior en negro o azul para evitar el paso de los rayos ultravioleta, otra capa interior clara en tanques negros para facilitar la inspección de líquidos y oscura en tanques de color para prevenir crecimiento de microorganismos. Medidas tanque: ancho 810 mm x alto 720 mm. Medidas tapa: ancho 850mm x alto 138 mm	EASY	\$ 96.291	\$ 96.291	\$ 96.291
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 572.498</b>	<b>\$ 340.998</b>

Fuente: Propia



VALORACIÓN ECONÓMICA PROYECTO COMPOSTAJE  
HOSPITAL SAN RAFAEL

FECHA: 2019 PAGINA: 5de5

COSTO OPERACIONAL COMPOSTERAS			
Cantidad	Cargo	Salario	Valor Total
1	maesto de obra	\$1.100.000	\$1.100.000
3	Ayudante de obra	\$925.148	\$2.775.444
1	ingeniero	\$2.500.000	\$2.500.000
1	mantenimiento o/y jardineria	\$1.000.000	\$1.100.000
TOTAL		\$5.525.148	\$7.475.444

*Fuente:* Propia