



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE UN
ABONO ORGÁNICO PARA CACAO A PARTIR DE LOS
RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA EMPRESA GAMAFI
UBICADA EN EL CANTÓN LA CONCORDIA PARROQUIA LAS
VILLEGAS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: JOSE GABRIEL MENDOZA MUÑOZ

DIRECTORA: ING. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA

Riobamba - Ecuador

2019

©2019, Jose Gabriel Mendoza Muñoz

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Jose Gabriel Mendoza Muñoz, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de diciembre del 2019



Jose Gabriel Mendoza Muñoz

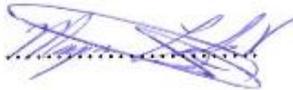
230018992-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de Trabajo de Titulación certifica que el trabajo de titulación: Tipo Técnico “DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE UN ABONO ORGÁNICO PARA CACAO A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA EMPRESA GAMAFI UBICADA EN EL CANTÓN LA CONCORDIA PARROQUIA LAS VILLEGAS”, realizado por el señor Jose Gabriel Mendoza Muñoz, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cesar Arturo Puente Guijarro. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2019/12/18
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza DIRECTORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2019/12/18
Ing. Yolanda Marcela Brito Mancero MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2019/12/18

DEDICATORIA

En este camino lleno de muchos obstáculos quiero dedicarles mi proyecto de titulación a las personas que me ayudaron a encaminarme durante mi periodo académico, a mi Madre Blanca Muñoz, a mi Padre Paul Mendoza, a mis hermanos Wilson Muñoz y Paul Ricardo Mendoza, que siempre estuvieron allí para ayudarme. A mi compañera de vida Yarisnela Delgado Rojas y a quien me enseñó a ser Padre Damián. Gracias por siempre apoyarme. Los amo.

Gabriel.

AGRADECIMIENTO

A Dios, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Ciencias, a la Ing. Mayra Zambrano por siempre brindarme su apoyo, a la Lic. Adriana Villena por su excelente e incondicional trabajo, a la Ing. Marcela Brito por sus consejos en este trabajo de titulación, que Dios las cuide siempre.

Gabriel.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xiii
INDICE DE FIGURAS	xv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1	Identificación del Problema	2
1.2	Justificación del proyecto	2
1.3	Línea base del proyecto.	3
1.3.1	<i>Antecedentes.</i>	3
1.3.1.1	<i>Poblaciones aledañas a GAMAFI.....</i>	4
1.3.1.1.1	Monterrey.....	4
1.3.1.1.2	Las Villegas.....	5
1.3.1.1.3	La Concordia.....	5
1.3.1.2	<i>Actividades Agrícolas de las poblaciones cercanas a la Empresa GAMAFI.</i>	5
1.3.1.3	<i>Residuos sólidos generados por la empresa GAMAFI.</i>	6
1.4	Objetivo General	7
1.5	Objetivos Específicos	8

CAPÍTULO II

2.	FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	9
2.1	Residuos sólidos.....	9
2.1.1	<i>Residuos sólidos problemática.</i>	9
2.1.2.	<i>Clasificación de los residuos sólidos.....</i>	10
2.1.3.	<i>Residuos orgánicos.....</i>	10
2.1.4.	<i>Pollinaza.....</i>	10
2.1.5	<i>Gallinaza.....</i>	12

2.1.6	<i>Efecto de gallinaza y Pollinaza en el medio</i>	13
2.1.7	<i>Calidad de la gallinaza.</i>	14
2.1.8	<i>Abono orgánico</i>	14
2.1.9	<i>Takakura</i>	15
2.1.10	<i>Microorganismos Fermentativos</i>	16
2.1.11	<i>Compostaje.</i>	17
2.1.12	<i>Etapas del proceso de compostaje</i>	17
2.1.13	<i>Parámetros a controlar en el proceso de compostaje</i>	18
2.1.14	<i>Calidad de un compost</i>	20
2.1.15	<i>Madurez del compost</i>	21
2.1.16	<i>Tamaño de partículas del compost</i>	22
2.1.17	<i>Beneficiarios directos e indirectos</i>	22
2.1.17.1	<i>Beneficiarios directos</i>	22
2.1.17.2	<i>Beneficiarios indirectos</i>	22

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1	Localización del proyecto.	24
3.2	Ingeniería del proyecto.	25
3.2.1	<i>Tipo de estudio</i>	25
3.2.2	<i>Métodos y Técnicas</i>	25
3.2.2.1	<i>Métodos</i>	25
3.2.2.2	<i>Técnicas</i>	26
3.2.3	<i>Requisitos del producto compostado Normas NCh 2880</i>	35
3.3	Relación carbono/nitrógeno (C/N)	37
3.4	pH	38
3.5	Materia Orgánica.	38
3.6	Toxicidad en plantas.	38
3.7	Tamaño de las partículas	39
3.7.1	<i>Resultados de la caracterización de la materia prima</i>	40
3.7.2	<i>Selección del método de compostaje seleccionado para la empresa GAMAFI</i>	40
3.7.3	<i>Aplicación del método Takakura a escala piloto</i>	42
3.7.4	<i>Resultados obtenido en la aplicación del método Takakura a escala piloto</i>	47
3.7.5	<i>Caracterización del Compost obtenido</i>	50
3.8.	Implementación a escala industrial.	51

3.8.1.	Requisitos necesarios para una planta procesadora	51
3.8.1.1	<i>Etapas y operaciones en el proceso de compostaje por el método de Takakura</i>	52
3.8.1.2	<i>Materia prima a utilizar en el proceso de compostaje</i>	53
3.8.1.3	<i>Recepción y almacenamiento de materia prima y materiales</i>	53
3.8.1.4	<i>Almacenamiento y descarga temporal de materia prima</i>	53
3.8.1.5	<i>Criterios de diseño de la planta de compostaje</i>	54
3.8.1.6	<i>Implementación de soleras</i>	54
3.8.1.7	<i>Parámetros a considerar en el diseño de la planta de compostaje</i>	55
3.8.1.8	<i>Fase de pretratamiento</i>	55
3.8.2	Materiales y equipos complementarios	56
3.8.2.1	<i>Materiales complementarios en el proceso de compostaje</i>	56
3.8.2.2	<i>Equipos destinados a la dosificación y elaboración de premezclas</i>	57
3.8.2.3	<i>Equipos de homogenización</i>	58
3.8.2.4	<i>Macerados líquido y dulce en el proceso de compostaje Método Takakura</i>	58
3.8.2.5	<i>Etapa de descomposición</i>	58
3.8.2.6	<i>Superficie necesaria para las pilas de compostaje</i>	59
3.8.2.6.1	<i>Densidad de la mezcla de Gallinaza y cascarilla</i>	59
3.8.2.6.2	<i>Cálculo del diseño de la pila de compostaje</i>	60
3.8.2.6.3	<i>Sistemas tecnológicos para compostaje</i>	62
3.8.2.7	<i>Etapa de Maduración del compost</i>	62
3.8.2.8	<i>Etapa de Postratamiento de un compost</i>	64
3.8.2.9	<i>Cribado o Tamizado</i>	65
3.8.2.10	<i>Equipos de separación de sustancias impropias al proceso de compostaje</i>	66
3.8.2.11	<i>Equipos de recirculación en el proceso de compostaje</i>	67
3.8.2.12	<i>Equipos de mezcla en el proceso de compostaje</i>	67
3.8.2.13	<i>Equipos de envasado de producto final de compostaje</i>	67
3.8.2.14	<i>Almacenamiento del producto final</i>	68
3.8.2.15	<i>Instalaciones complementarias en la planta de producción de compostaje</i>	69
3.8.2.16	<i>Depósitos de recolección de lixiviados y agua pluviales</i>	69
3.8.2.16.1	<i>Gestión de aguas pluviales sucias</i>	70
3.8.2.16.2	<i>Gestión de aguas pluviales limpias</i>	71
3.8.2.17	<i>Criterios de dimensionamiento para depósitos de lixiviados y aguas pluviales</i>	71
3.8.2.17.1	<i>Depósitos para lixiviados</i>	71
3.8.2.17.2	<i>Depósitos para aguas pluviales limpias</i>	72
3.8.3	Cálculos del proceso de compostaje	72
3.8.3.1	<i>Cálculo total del compost obtenido</i>	72
3.8.3.2	<i>Calculo de la relación C/N de la gallinaza y cascarilla</i>	73

3.8.3.3	<i>Cálculo de la relación de C/N del compost obtenido</i>	74
3.8.3.4.	<i>Cálculo de Índice de germinación</i>	75
3.8.4	<i>Propuesta para la aplicación y uso de compost obtenido en la empresa Gamafi</i> ...	75
3.8.5	<i>Requerimientos para cultivos de cacao asignados por la INIFAP</i>	76

CAPITULO IV

4.	RESULTADOS	77
4.1	Validación de resultados finales del proceso de compostaje	77
4.2	Proceso de producción	79
4.3	Requerimientos Tecnológicos, equipos y maquinarias para el proceso.	80
4.3.1	<i>Maquinaria para el proceso de compost seleccionado en la Empresa GAMAFI.</i> ..	81
4.3.1.1	<i>Recipientes de agua</i>	81
4.3.1.2	<i>Canastas metálicas</i>	81
4.3.1.3	<i>Mini cargadora SR220.</i>	82
4.3.1.4	<i>Balanza electrónica de piso.</i>	83
4.3.1.5	<i>Maquina para coser sacos.</i>	83
4.3.5.6	<i>Termómetro para compostaje.</i>	84
4.3.1.7	<i>Higómetro.</i>	85
4.3.1.8	<i>Carretillas de plataforma</i>	85
4.3.1.9	<i>Pala industrial</i>	86
4.3.1.10	<i>Distribución de los equipos y espacio</i>	87
4.4	Análisis de costos	87
4.4.1	<i>Costos Variables.</i>	88
4.4.2	<i>Costos Fijos.</i>	89
4.4.3	<i>Costo Total.</i>	90
4.4.4	<i>Precio de venta</i>	91
4.4.5	<i>Punto de Equilibrio.</i>	91
4.4.5	<i>Maquinaria y Equipos</i>	91
4.4.6	<i>Mantenimiento y Seguros</i>	93
4.4.7	<i>Muebles y enseres</i>	93
4.4.8	<i>Depreciación</i>	94
4.4.9	<i>Presupuesto de ventas.</i>	95
4.4.10	<i>Presupuestos de Costos</i>	96
4.4.11	<i>Flujo de caja</i>	97
4.5	Cronograma de Ejecución de proyecto	99

CONCLUSIONES	101
RECOMENDACIONES.....	102
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Población de la parroquia Monterrey.....	4
Tabla 2-1: Recintos Aledaños	4
Tabla 3-1: Producción Anual de residuos sólidos Empresa GAMAFI	6
Tabla 4-1: Composición de los residuos producidos en GAMAFI.....	7
Tabla 1-2: Residuos sólidos más importantes.....	10
Tabla 2-2: Composición bromatológica de la pollinaza	11
Tabla 3-2: Composición bromatológica de la gallinaza.....	12
Tabla 4-2: Análisis Químico proximal de la Gallinaza.....	13
Tabla 5-2: Campos con problemas por presencia de residuos orgánicos avícolas.....	14
Tabla 6-2: Valor nutricional de los abono orgánicos	15
Tabla 7-2: Métodos de control de estabilidad en compost.....	20
Tabla 8-2: Tipos de compost según su madurez	21
Tabla 9-2: Tamaño de partículas del compost	22
Tabla 1-3: Ubicación Geografía de la Concordia	24
Tabla 2-3: Técnica para cálculo de humedad.....	26
Tabla 3-3: Técnica para cálculo de materia orgánica y ceniza.	27
Tabla 4-3: Cálculo del pH.....	27
Tabla 5-3: Cálculo de la conductividad eléctrica.....	28
Tabla 6-3: Determinación de proteína bruta (Método de Kjeldahl).....	29
Tabla 7-3: Técnica determinación de extracto Etéreo (Método de Soxhelt).....	31
Tabla 8-3: Determinación de fibra bruta.....	32
Tabla 9-3: Requisitos microbiológicos	35
Tabla 10-3: Contenido de Nutrientes	35
Tabla 11-3: Concentraciones máximas de metales pesados en compost	37
Tabla 12-3: Relación C/N	37
Tabla 13-3: Materia Orgánica.....	38
Tabla 14-3: Técnica de Índice de germinación	39
Tabla 15-3: Resultados de análisis proximal de materia prima (viruta y gallinaza)	40
Tabla 16-3: Requisitos de la materia prima para el proceso de compost Takakura.....	41
Tabla 17-3: Valores de temperatura método Takakura.....	47
Tabla 18-3: Valores de humedad obtenidos en el método Takakura.	49
Tabla 19-3: Caracterización del compost obtenido en aplicación planta piloto.....	50
Tabla 20-3: Criterios de diseño para planta de compostaje	54

Tabla 21-3: Parámetros para diseño de planta de compostaje	55
Tabla 22-3: Premezclas en fase de pretratamiento.....	56
Tabla 23-3: Determinación de la densidad de la mezcla de gallinaza y cascarilla	59
Tabla 24-3: Sistemas tecnológicos para compostaje.....	62
Tabla 25-3: Características del compost	64
Tabla 26-3: Tipos y Características de cribados.	66
Tabla 1-4: Resultado del proceso de compostaje Takakura.....	77
Tabla 2-4: Índice de germinación	77
Tabla 3-4: Equipo propiedad de GAMAFI.....	80
Tabla 4-4: Dimensiones requeridas para equipos y áreas requeridas.....	87
Tabla 5-4: Materia prima directa	88
Tabla 6-4: Producción Mensual	88
Tabla 7-4: Mano de obra directa	89
Tabla 8-4: Materia Prima directa Mensualizada.	89
Tabla 9-4: Precio Unitario Variable.....	89
Tabla 10-4: Materia prima indirecta para el proceso	89
Tabla 11-4: Materia prima Indirecta sueldos	90
Tabla 12-4: Costos fijos	90
Tabla 13-4: Costo Total de sacos de compost.....	90
Tabla 14-4: Precio de venta	91
Tabla 15-4: Punto equilibrio	91
Tabla 16-4: Maquinaria y equipos	92
Tabla 17-4: Mantenimiento y seguros	93
Tabla 18-4: Muebles y enseres.....	93
Tabla 19-4: Depreciación.....	94
Tabla 20-4: Proyección de demanda a 5 años.....	95
Tabla 21-4: Presupuestos de ventas a 5 años	95
Tabla 22-4: Presupuestos de costos.....	96
Tabla 23-4: Flujo de caja.....	97

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-3:	Ubicación geográfica de la empresa GAMAFI.....	24
Figura 2-3:	Etapas y operaciones del método Takakura.....	52
Figura 3-3:	Diseño de una pila de compostaje.....	61
Figura 4-3:	Etapas de Maduración.....	63
Figura 5-3:	Máquina ensacadora automática.....	68
Figura 6-4:	Cálculo de la masa total del compost obtenido.....	73
Figura 1-4:	Proceso de producción.....	79
Figura 2-4:	Recipientes de agua.....	81
Figura 3-4:	Canastas metálicas.....	82
Figura 4-4:	Mini cargadora SR220.....	82
Figura 5-4:	Balanza electrónica de piso.....	83
Figura 6-4:	Máquina para coser sacos.....	84
Figura 7-4:	Termómetro para compostaje.....	85
Figura 8-4:	Higómetro.....	85
Figura 9-4:	Carretilla de plataforma.....	86
Figura 10-4:	Pala industrial.....	86

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PREPARACIÓN DE SOLUCIONES SALINA
- ANEXO B:** PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN SATURADA
- ANEXO C:** MEZCLA DE SOLUCIONES
- ANEXO D:** CONTROL DE PARÁMETROS.
- ANEXO E:** RESULTADOS DEL PROCESO EN PLANTA PILOTO
- ANEXO F:** CURVA DE TEMPERATURA EN PROCESO DE COMPOSTAJE
- ANEXO G:** CURVA DE HUMEDAD EN PROCESO DE COMPOSTAJE
- ANEXO H:** ANALISIS DE MATERIA PRIMA INICIAL
- ANEXO I:** ANALISIS DEL COMPOST OBTENIDO
- ANEXO J:** PLANO EMPRESA GAMAFI

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue diseñar el proceso industrial para obtener un abono orgánico para plantas de cacao de los residuos sólidos producidos en la empresa GAMAFI ubicado en el cantón La Concordia parroquia Las Villegas; para lo cual se receiptó los residuos sólidos producidos en la empresa y mediante un análisis físico – químico determinaron que los residuos generados sirven como materia prima para compostar ya que cumplen con los valores planteados en la normativa INN NCh 2880. La metodología utilizada para ese proyecto es el método de compostaje de Takakura el cual garantiza un proceso de compostaje de un periodo de dos a 3 meses utilizando microorganismo aerobios, en los cuales se determinaron las variables de control de procesos más importantes para el compostaje entre ellas, temperatura máxima de 60°C, humedad de 10% y relación C/N mínimo de 10, materia orgánica mínimo 50% e índice de germinación, se aplicó un compostaje a escala piloto en donde se realizó el compostaje de 7,5 kg de gallinaza y luego un compostaje a escala industrial en lo cual se lo implemento en tres pilas de compostaje de 3600 kg materia prima con las siguientes dimensiones de 1,5m de altura por, 2.5 m de largo, aplicando en ambos procesos los macerados características del mismo, obteniendo los siguientes resultados finales: reducción de la materia prima en un 30%, un índice de germinación de 7 semillas germinadas de 10, relación C/N de 9.23, materia orgánica final 16.04% y nitrógeno total de 0.8% valores que determinan que el compost producido se aplica a plantas de tamaño menor como el cacao. En conclusión la aplicación del diseño para procesar gallinaza con el método de Takakura en la empresa Gamafi para obtener un abono para cacao es efectivo y rentable, recomendando realizar análisis de patógenos y de antibióticos al producto final.

Palabras clave: <COMPOST>, <MÉTODO DE TAKAKURA>, <GALLINAZA”ABONO”>, <CASCARILLA DE ARROZ>, <SOLUCIÓN SALINA>, <MÉTODO FERMENTATIVO>

REVISADO

05 FEB 2020

Ing. Jonathan Parroño Ugullos, M.B.
ANALISTA DE BIOTECNIA



ABSTRACT

This research study main aim was to design the industrial process in order to obtain an organic fertilizer for cocoa plants from solid waste produced at the company GAMAFI located in La Concordia canton, Las Villegas parish; for which the solid waste produced in the company was received and through a physical – chemical analysis it was determined that the waste generated can be used as raw material for composting since they comply with the values set forth in the INN Ch 2880 standard. The methodology used for this Project is the Takakura composting, which guarantees a composting process of a two to three months period using aerobic microorganisms, in which the control variables of the most important processes for composting were determined, maximum temperature of 60 degrees Celsius, humidity of 10% and minimum C/N ratio of 10, minimum organic matter 50% and germination rate, a composting system on a pilot scale was applied where the composting of 7.5 kg of poultry manure was performed and then a composting on an industrial scale in which it was implemented in three composting stacks of 3600 kg of raw material with the following dimensions of 1.5 meters high by 2.5 meters long, applying in both processes the macerated characteristics of the same, obtaining the following final results: reduction of the raw material by 30%, a germination rate of 7 germinated seeds of 10, C/N ratio of 9.23 final, organic matter 16.04% and total nitrogen of 0.8% values that can determine that the compost produced is applied to smaller plants such as cocoa. In conclusion, the application designed to process chicken manure with Takakura method within Gamafi Company in order to obtain a compost for cocoa is effective and profitable, it is recommended to perform a careful analysis of pathogens and antibiotics in the end product.

Keywords: <COMPOSTING PROCESS>, <TAKAKURA METHOD>, <CHICKEN
“MANURE”>, <RISE HUSK>, <SALINE SOLUTION>, <FERMENTATION METHOD>



INTRODUCCIÓN

La reutilización de desechos orgánicos es un factor fundamental, para preservar el medio ambiente mediante métodos innovadores, es por ello que a continuación se realiza el siguiente trabajo de titulación partiendo teóricamente de lo siguiente.

La producción de residuos sólidos generados por empresas que se dedican al crianza y faenamento de animales destinados al consumo humano en el país son altos, si nos encontramos con empresas que generan una gran cantidad de estos residuos es recomendable empezar a hacer conciencia ambiental y aplicar el uso de alguna metodología o proceso que ayude a que los residuos sólidos se transformen en materia prima que sirva para un nuevo uso o aplicación. Es por eso que muchas empresas han empezado a aplicar métodos de compostaje convencionales o tradicionales con durabilidad de hasta 8 meses, pero existen métodos aplicados a escala de hogares que pueden ser llevado a una escala industrial, entre ellos están los más populares como el método de Bocashi, pero también se debe tener en consideración que la materia prima a utilizar al proceder de una materia orgánica no siempre va al beneficio en su aplicación, también puede contener patógenos que al momento de ser sometidos a cualquier proceso industrial pueden mantenerse presentes hasta el producto final, por esta razón siempre se debe indagar en los tipos de procesos que ayuden a eliminar estos patógenos y así dar garantía de que el proceso seleccionado es el más adecuado y da garantías de un producto final de calidad.

Razón por la cual los parámetros de cantidades a procesar y métodos industriales deben ser cuidadosamente seleccionados cuando se trata de materia prima a compostar ya que el producto final tiene contacto directo con plantas o frutas que pueden ser consumidas por nosotros y a su vez manipulada directamente.

Por esta razón en este proyecto técnico se quiere realizar la aplicación de un método de compostaje para una empresa que genera una cantidad alta de residuos sólidos, para que esta cantidad sea reducida, reutilizada para otros fines, considerando también los parámetros ambientales vigentes, la metodología aplicada en este proyecto es el método Takakura, un método de compostaje a escala de hogares que utiliza microorganismos fermentativos aerobios que puede degradar materia orgánica y transformarla en compost en menos de dos meses.

Este compost obtenido será validado mediante un análisis físico- químico final que determinara si cumple con las normas vigentes para abonos orgánicos, utilizando la normativa internacional NCh 2880.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 Identificación del Problema

Los residuos sólidos generados por empresas dedicadas a crianza de animales para faenamiento es alto en el cantón La Concordia siendo la empresa GAMAFI una de las más grandes de la zona llega a generar cantidades 100 metros cúbicos cada dos meses. Estos desechos sólidos están compuestos por estiércol de pollo de criadero y cascarilla de arroz conocida como tambo que sirve como cama para el galpón estos residuos sólidos tienen como disposición temporal un almacenaje en la misma empresa, sin previo tratamiento para luego ser llevado al relleno sanitario del cantón La Concordia lo cual causa una incidencia en la contaminación de la atmósfera. Los residuos sólidos pueden ser sometidos a un proceso para la elaboración de un abono orgánico dándole así un nuevo uso y a su vez una nueva oportunidad de generar un nuevo mercado a la empresa GAMAFI.

1.2 Justificación del proyecto

La producción agropecuaria en el país es fundamental para mejorar el índice de crecimiento económico. En tal sentido la avicultura nacional tiene un gran aporte ya que dinamiza varios sectores económicos entre estos el sector financiero, pero si bien es cierto de que es un beneficio también es importante reflexionar acerca del impacto ambiental que puede generar las empresas al no cumplir con las normativas ambientales vigentes enfocadas en minorar la contaminación que dicha producción de residuos puede concebir problemas de índole mayor sino se le da el debido tratamiento, para lograr entender la problemática quizás pasamos de un nivel macro a nivel micro logrando interiorizar una realidad más palpable enfocada a estudiar Los residuos sólidos generados en la empresa GAMAFI están siendo almacenados en la misma empresa sin un previo tratamiento y sin un aprovechamiento del mismo, considerando que GAMAFI es una empresa privada que debe cumplir con las normas ambientales establecidas para el funcionamiento de Criaderos de animales destinados al faenamiento y a su vez dar un servicio de calidad a sus clientes, se encuentra en un proceso para mejorar la incidencia de sus actividades con el medio ambiente, a través de nuevos proyectos para solucionar los problemas que pueden llegar a generar sus desechos sólidos a la comunidad. Dentro de estos proyectos se encuentra el

aprovechamiento de sus residuos sólidos mediante el diseño de un proceso que le permita obtener un abono orgánico o compost.

Con el proyecto se busca disminuir los residuos sólidos generados en la empresa GAMAFI que salen como disposición final al relleno sanitario del Cantón La Concordia, el proyecto busca disminuir en un 45% a 50% el peso y el volumen de estos residuos. La empresa GAMAFI se encuentra en camino de futuros proyectos técnicos e investigativos que ayudaran a la empresa a mejorar su servicio a la comunidad y su incidencia con el medio ambiente.

Como finalidad producir un compost que ayude a los agricultores de la comunidad cercana a la empresa GAMAFI se trata de concientizar en las personas para que entiendan que la mayoría de los residuos sólidos producidos pueden ser utilizados en un nuevo proceso.

1.3 Línea base del proyecto.

3.8.1. Antecedentes.

La Empresa GAMAFI es una empresa privada creada el 17 de marzo del 2010, bajo la gerencia y dirección de Dr. Gustavo Vizcaíno con la finalidad de abastecer a las parroquias aledañas al Cantón La Concordia con la crianza de pollos de granja para una futura alimentación de sus habitantes. GAMAFI al ser una empresa grande con una producción avícola de 20000 pollos.

Las primeras actividades realizadas en la Empresa GAMAFI fue la crianza y venta de pollos empezó con una producción de 5000 aves, en su segundo año como empresa GAMAFI empezó a ofrecer pavos en fechas de fin de año y es una actividad que realiza hasta las fechas actuales, a medida que las ventas aumentaban la empresa, mejoró y construyó un segundo galpón para así abastecer con la venta y producción de las aves. Produciendo no solo así más ventas sino también aumento la producción de residuos sólidos constituidos por gallinaza y tambo, llegando a producir por cada 2 meses que dura la crianza de aves un aproximado de 100 cúbicos de estos residuos orgánicos.

Para cumplir con las estándares de calidad y obtener los permisos ambientales la Empresa GAMAFI ha buscado darle solución a su producción de residuos orgánicos, con la ayuda de un diseño de producción de un compost a partir de la gallinaza y tambo que se generan en el mismo, para de esta manera generar una nueva actividad en la empresa y ser amigables con el ambiente cumpliendo así sus compromisos con la comunidad.

1.3.1.1 Poblaciones aledañas a GAMAFI.

1.3.1.1.1 Monterrey.

“De acuerdo a la fuente indicada, la población total existente en el ámbito del proyecto de creación de la parroquia Monterrey, al año 2010, es de 4.661 habitantes, de los cuales, 2.467 residen en la localidad de Monterrey, propuesta como cabecera parroquial.

Es menester anotar sin embargo que el comité de Parroquialización de Monterrey, en el ánimo de establecer una cifra totalmente real en relación al número de habitantes existentes en el ámbito de la parroquia planteada, ha realizado un censo, en el mes de Junio del 2010, obteniendo los siguientes resultados:” (Censo de población 2010).

Tabla 1-1: Población de la parroquia Monterrey.

1	Barrio Bellavista	786 habitantes
2	Barrio Sagrados Corazones	259 habitantes
3	Barrio la dolorosa	242 habitantes
4	Barrio Santa Rosa	231 habitantes
5	Barrio El Paraíso	800 habitantes
6	Barrio 5 esquinas	99 habitantes
7	Barrio Central	268 habitantes

Fuente: Censo Poblacional 2010.

Realizado por: MENDOZA, Jose, 2018

Tabla 2-1: Recintos Aledaños

1	Mocache #3	467 habitantes
2	Mocache #9	120 habitantes
3	Mocache #5	235 habitantes
4	Mocache #6 y 7	512 habitantes
5	Guaba	481 habitantes
6	Monterrey - Hda La Paz.	269 habitantes
7	Monterrey – La virgen	313 habitantes

Fuente: Censo Poblacional 2010.

Realizado por: MENDOZA, Jose, 2018

1.3.1.1.2 Las Villegas.

Las Villegas es otra de las parroquias ubicados cerca del a Empresa GAMAFI y donde la empresa se encuentra ubicada realizando sus labores. Esta Parroquia se caracteriza por ser un pueblo tranquilo, con poco movimiento comercial, particularmente los fines de semana, de personas trabajadoras y dedicadas que en la mayoría de sus actividades son producción agrícola. Sus habitantes viven de lo que les brinda el fértil suelo de la zona.

Las Villegas es una parroquia que cuenta 3800 habitantes según el Censo poblacional del año 2010.

1.3.1.1.3 La Concordia.

Siendo La Concordia el cantón al cual pertenecen tanto la parroquia de Monterrey y Las Villegas, se debe tener en cuenta que es donde están la mayoría de los clientes de la empresa GAMAFI.

La Concordia, tiene aproximadamente 29.003 habitantes en la cabecera urbana y 42.924 habitantes en todo el Cantón, tomando en cuenta a las parroquias Villegas y Monterrey. Las cuales están cercanas a las actividades laborales de GAMAFI.

1.3.1.2 Actividades Agrícolas de las poblaciones cercanas a la Empresa GAMAFI.

En el canto La Concordia, la actividad comercial agrícola está basada en plantaciones de banano, palma aceitera, cacao, plátano, piña, palmito, maracuyá, jengibre, yuca, caucho y maderas. Los productos van al puerto de Esmeraldas y luego a EE.UU. y Europa.

El lugar estratégico en el cual está ubicada la empresa GAMAFI, es uno de los requisitos que cumple para su funcionamiento, al ser una granja dedicada a la producción avícola debe laborar en las afueras de la ciudad, para así evitar ser una fuente de contaminación.

Sin embargo la empresa GAMAFI ha realizado estudios de campo para reconocer cuales son las actividades agrícolas que se realizan en los sectores cercanos a la empresa con el fin de habilitar el proceso de producción de compost a partir de los residuos sólidos que la empresa produce con el fin de ayudar también a los sectores como: haciendas y fincas que laboran cerca o lejos de la empresa con un compost que pueda ser utilizado en sus cultivos y aportar a la mejora en la calidad de estos cultivos.

Llegando a la conclusión de que en los sectores más cercanos a la empresa GAMAFI se encuentran cultivos de Cacao, motivo por el cual la empresa GAMAFI enfocara su producción de compost para cultivos de cacao.

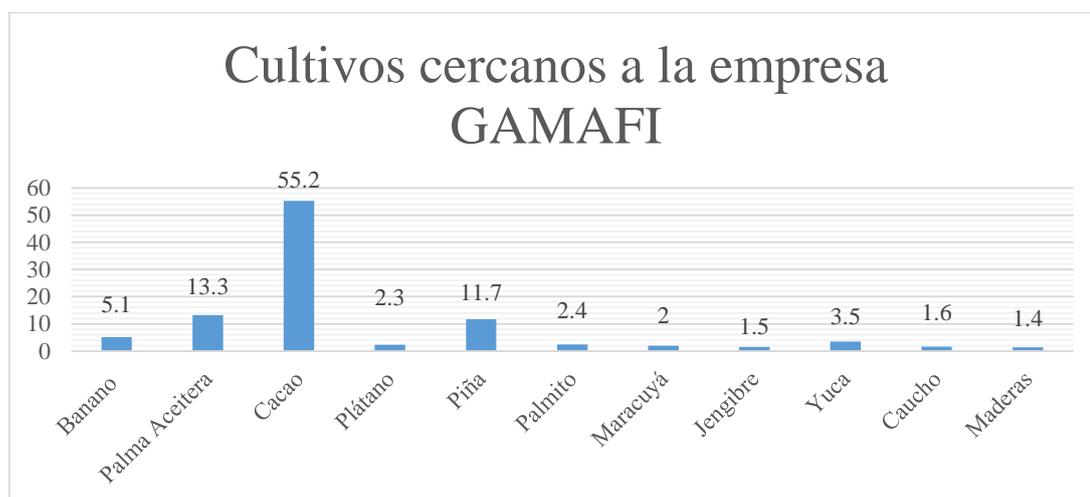


Figura 1-1: Gráfico Promedio de los cultivos cercanos a la EMPRESA GAMAFI.

Fuente: Equipo Técnico – GAMAFI 2018.

Realizado por: MENDOZA, Jose, 2018

1.3.1.3 Residuos sólidos generados por la empresa GAMAFI.

La producción avícola de aves en pie tiene un periodo de duración de 8 a 12 semanas aproximadamente dependiendo de factores como la alimentación y peso de las aves que serán puestos a la venta.

Para la ayuda de este proceso de crecimiento en las aves de pie se necesita de la ayuda de la alfombra orgánica, viruta o cama como también se la puede conocer, la cual ayuda a mantener a las aves cómodas y absorber la humedad del ambiente, se necesitan cada dos meses entre 140 a 150 toneladas de cama (tambo o cascarilla de arroz) para abastecer el crecimiento de los 20000 pollos que tiene como producción avícola la empresa GAMAFI. Teniendo en cuenta que al momento de retirar la cama del galpón a esta esta añadida la gallinaza y humedad del medio ambiente. Generando aproximadamente 100 metros cúbicos de desecho orgánicos cada 2 meses.

Tabla 3-1: Producción Anual de residuos sólidos Empresa GAMAFI

Año: 2017	Galpón	Metros cúbicos
Enero – Febrero	1	103

Continúa

Febrero – Marzo	2	100
Marzo – Abril	1	101
Abril – Mayo	2	100
Mayo – Junio	1	102
Junio – Julio	2	104
Julio – Agosto	1	103
Agosto – Septiembre	2	100
Septiembre – Octubre	1	102
Octubre – Noviembre	2	101
Noviembre – Diciembre	1	102

Fuente: Equipo Técnico – EMPRESA GAMAFI

Realizado por: MENDOZA, Jose, 2018

Con estas cantidades GAMAFI tiene la capacidad para poder generar el proyecto con una nueva actividad en el proceso industrial para producir un compost a partir de los residuos orgánicos que produce enfocados directamente a los cultivos de cacao que rodean a la empresa.

Directamente para este proyecto se trabajara con los residuos están conformado por la cama y la gallinaza pudiendo aprovechar el 100% de los residuos que se generan en la empresa formados por un 78% de cama (tambo) y 22 % de gallinaza.

Tabla 4-1: Composición de los residuos producidos en GAMAFI

Tipo de residuo	Porcentaje
Tambo.	78%
Gallinaza	22%
Total	100%

Fuente: Equipo técnico – EMPRESA GAMAFI

Realizado por: MENDOZA, Jose, 2018

1.4 Objetivo General

- “Diseñar un proceso para la obtención de un abono orgánico para cacao a partir de los residuos sólidos generados en la empresa GAMAFI ubicada en el cantón La Concordia parroquia Las Villegas”

1.5 Objetivos Específicos

- Caracterizar mediante análisis físico- químico los residuos sólidos generados en la empresa GAMAFI.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el proceso de elaboración de abono orgánico para cacao.
- Realizar la validación del abono orgánico obtenido con las Norma NCh2880 del Instituto Nacional de Normalización (INN).

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

2.1 Residuos sólidos.

Son aquellos componentes, producidos o derivados de un proceso que pueden estar en estado sólido o semisólido donde su propietario lo destina al abandono, pero pueden ser reaprovechados para asignarles un nuevo proceso para darles una aplicación en el futuro.

2.1.1 Residuos sólidos problemática.

La mayoría de los problemas ambientales provocados por el uso y manejo inadecuado de los residuos sólidos, radica en el poco conocimiento y desinterés de la población para empezar a realizar la respectiva clasificación en los hogares de los residuos y así provechar los mismos como fuente de materia prima para nuevos productos.

Los impactos negativos que estos han provocado son importantes, debido al crecimiento poblacional que conlleva a una producción mayor de residuos en el planeta.

En los años 70 se empezaron a evidenciar los problemas ambientales generados por industrias y empresas debido a la falta de conocimientos de estas instituciones que generaban grandes cantidades de residuos sólidos, sobre todo en la práctica de destino final de los residuos generados no teniendo claro la disposición final de los residuos y que tratamientos se debe tener antes de que los mismos llegues a dicho lugar.

A nivel mundial la producción de residuos sólidos esta alrededor de 1,6 millones anuales, la inadecuada gestión y la producción de estos residuos son consideradas dentro de los principales problemas asociados a la emisión de gases de efecto invernadero, emisiones de olores al medio ambiente, afección al agua y daño a la calidad de aire. (Valderrama, 2013 p.12)

Se ha considerado que el desarrollo industrial a nivel mundial es el principal problema ya que muchas de estas industrias generan residuos altamente tóxicos y peligrosos que contaminan directamente todo el medio ambiente. Las principales fuentes de orígenes de la alta producción de residuos sólidos se dan en los siguientes parámetros:

- Aumento en el índice de crecimiento poblacional
- Concentración de la población en las grandes ciudades.

- Uso excesivo de envases de todo tipo de productos
- Uso excesivo de diversos equipos, artículos y aparatos

2.1.2 Clasificación de los residuos sólidos

Dependiendo de actividad de origen del residuo sólido estos se clasifican en Residuos sólidos orgánicos y residuos sólidos inorgánicos.

Los residuos sólidos inorgánicos son aquellos que tienen un tiempo de descomposición largo, mientras que los residuos orgánicos tienen un tiempo de descomposición corto.

Tabla 1-2: Residuos sólidos más importantes.

Residuos Municipales
Residuos Industriales
Residuos mineros
Residuos Hospitalarios
Residuos domiciliarios
Residuos Agrícolas

Realizado por: MENDOZA, Jose, 2018

Fuente: Directrices para gestión integrada y sostenible de residuos sólidos urbanos en américa latina y el caribe.

2.1.3 Residuos orgánicos

Este tipo de residuos son biodegradables, tienen una descomposición natural y una característica de degradarse rápido convirtiéndose en materia orgánica. En este grupo se incluyen los residuos alimenticios, heces fecales y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas es decir en procesos con consumo de oxígeno.

Cuando estos desechos se encuentran en exceso tienen un fuerte impacto en el ambiente, contaminando, suelo, aire y agua tanto superficialmente como en la parte subterránea debido al contenido de la materia orgánica y minerales que la conforman. A su vez la presencia de metales pesados, patógenos animales y vegetales, fitotóxicas que en gran acumulación pueden tener causar una alta contaminación.

2.1.4 Pollinaza.

Es el estiércol de las aves de engorde (en pie) desde su entrada al galpón hasta la salida al mercado, este se considera una mezcla entre plumas, alimento y el material usado como cama. El desperdicio de estos ovíparos resulta fundamental ya tiene como principal componente las

deyecciones de los pollos que están destinados a consumo humano al igual que la gallinaza la pollinaza necesita un tratamiento cuidadoso para evitar algún tipo de contaminación alto. Sin embargo la composición bromatológica es distinta.

Tabla 2-2: Composición bromatológica de la pollinaza

Nutriente	Pollinaza
Materia seca, %	84.7
Proteína cruda, %	31.3
Proteína verdadera, %	16.7
Proteína digestibles, %	23.3
Fibra cruda, %	16.8
Grasa cruda, %	3.3
ELN, %	29.5
Cenizas, %	15.0
Total de nutrientes digestibles	72.5
Energía digestible. Kcal/kg	2440
Calcio %	2.37
Fósforo %	1.8
Magnesio, %	0.44
Manganeso, mg/Kg	225
Sodio, %	0.54
Potasio, %	1.70
Cobre, mg/Kg	98
Zinc, mg/Kg	235

Realizado por: MENDOZA, Jose 2019

Fuente: Pazmiño, J. (1981)

2.1.5 Gallinaza.

Se llama gallinaza al estiércol o excremento de las gallinas ponedoras que se producen durante la etapa de producción de un huevo incluso durante el periodo de desarrollo de estas aves, el cual mucha de las veces está mezclado con desperdicios de los alimentos y plumas de las aves.

Tabla 3-2: Composición bromatológica de la gallinaza

Materia seca %	81.9
Materia orgánica %	65.1
Cenizas %	34.9
Proteína bruta %	20.8
Fibra Bruta %	19.8
Extracto Etéreo %	1.2
ELN %	24.6
Energía B. Mcal/kg/ms	2.58
Energía D. Mcal/kg/ms	1.4
Energía M. Mcal/kg/ms	1.15
Calcio %	12.7
Fósforo %	2.1
Potasio %	1.4
Magnesio %	1.8
Sodio %	0.7

Realizado por: MENDOZA, Jose 2019

Fuente: Pazmiño, J. (1981)

El contenido de nutrientes en la gallinaza está considerado según las fuentes alternativas de gallinaza, dependiendo de la calidad de la cama o viruta que se use, el número de aves en el galpón. Es por eso que se recomienda un análisis de nutrientes en un laboratorio para tomar decisiones y saber en qué se puede utilizar la gallinaza:

Tabla 4-2: Análisis Químico proximal de la Gallinaza

Nutriente	%
Humedad	7-15
Cenizas	24 – 28
Proteína Bruta	18 – 35
Extracto Etéreo	2-3
Fibra Bruta	10 – 25

Realizado por: MENDOZA, Jose 2019

Fuente: Manual manejo de la gallinaza (2008)

2.1.6 Efecto de gallinaza y Pollinaza en el medio

Debido a que las aves en sus deyecciones tienen una mezcla de líquido y sólido hace que el nitrógeno contenido sea alto. Este nitrógeno se encuentra en mayor parte en forma de amonio, el cual puede ser muy volátil si por cuestiones ambientales se transforma en amoníaco.

Aunque la aplicación de este estiércol fresco en el suelo puede aumentar considerablemente su actividad biológica, esta característica es representativa del estiércol de las aves en sus primeras semanas de edad.

Aunque potencialmente es un buen fertilizante si es mal aplicado o no es estabilizado adecuadamente puede ser un foco de contaminación, es uno de los principales problemas que las granjas deben solucionar, la mayor parte de la contaminación proviene en las siguientes causas:

- 1.** Gallinaza y/o Pollinaza
- 2.** Aves muertas
- 3.** Desechos de la planta incubadora
- 4.** Polvos de las plantas de fabricación del alimento.
- 5.** Escape de los motores de combustión
- 6.** Aire (polvo y químico)
- 7.** Olores.
- 8.** Ruido.
- 9.** Contaminación del agua de bebida y alimento
- 10.** Insectos.
- 11.** Suciedad

12. Residuos tóxicos en huevos y tejidos.

Las empresas avícolas son grandes focos de contaminación debido a todos los contaminantes que se generan en sus actividades. Además de generar grandes cantidades de residuos sólidos conformados por estiércol y la cama lo cuales se depositan en el suelo. Si cerca a esas empresas se encuentran ríos o lagos, el fósforo presente en estos residuos es liberado al suelo en forma de fitasa por acción de sus microorganismos lo cual produce el fenómeno de la eutrofización en estas corrientes de agua y reservorios acuáticos.

Con respecto a este problema de contaminación existen 3 campos con problemas que los residuos sólidos avícolas producen:

Tabla 5-2: Campos con problemas por presencia de residuos orgánicos avícolas

Atmósfera	Suelo	Agua
<ul style="list-style-type: none">• Malos olores• Gases asfixiantes• Gases irritantes• Desnitrificación• Aerosoles	<ul style="list-style-type: none">• Variación de pH• Salinidad• Metales pesados• Patógenos• Exceso de NO₂ y NO₃• Potasio	<ul style="list-style-type: none">• Lixiviación• Eutrofización• Patógenos fecales• Polución

Realizado por: MENDOZA, Jose, 2018

Fuente: <http://www.engormix.com> (2007)

2.1.7 *Calidad de la gallinaza.*

La calidad de una gallinaza o Pollinaza están vinculadas por algunos factores como: tipos de alimentos consumidos por el ave, edad del ave, cantidad de alimento derramado por el galpón, presencia de plumas, temperatura del medio y ventilación del galpón.

Se debe considerar el tiempo de permanencia de las aves en el galpón a lo cual se añade el desprendimiento de olores amoniacales lo que reduce el contenido de Nitrógeno, la cama que se utiliza en el galpón y la humedad del medio.

2.1.8 *Abono orgánico.*

El término abono orgánico se le confiere a todo material rico en carbono que tiene como fin ser fuente de enriquecimiento de la fertilidad de los suelos, además de mejorar las características del mismo para beneficios de los cultivos.

Se conocen tres tipos de abonos orgánicos más utilizados: Compost, Lombricultura y Bocashi

Tabla 65-2 Valor nutricional de los abono orgánicos

Nutriente	Estiércol (Kg/Ton)	Gallinaza (Kg/Ton)
Nitrógeno	14.2	34.7
Fósforo (P ₂ O ₅)	14.6	30.8
Potasio (K ₂ O)	34.1	20.9
Calcio	36.8	61.2
Magnesio	7.1	8.3
Sodio	5.1	5.6
Sales Solubles	50	56
Materia Orgánica	510	700

Fuente: Castellanos. 1989

Realizado por: MENDOZA, Jose 2019

2.1.9 Takakura.

El método de Takakura tiene como finalidad que las sustancias orgánicas sean sometidas al proceso de compost con medio de cultivo de microorganismo que se adaptan al suelo y se encuentran en el ambiente y además sirven para eliminar aquellos microorganismos indeseables presentes en el suelo.

A diferencia de los métodos tradicionales que normalmente tienen una duración de compostaje de más de tres meses, el método Takakura seleccionado para este proyecto produce el compost mediante fermentación de materia orgánica en dos semanas. Lo que garantiza este periodo corto de compostaje es el uso de microorganismos fermentativos que pueden ser cultivados de alimentos o del suelo.

El método Takakura es un proceso de compostaje poco utilizado a nivel industrial pero muy efectivo al aplicarlo en composta para el hogar o jardines pequeños, una de sus características más importantes es el uso de los microorganismo fermentativos que descomponen materia orgánica en corto tiempo, con este método los residuos de comida pueden ser descompuesto en las primeras 48 horas cuando el compost semilla o semilla de Takakura llega a los 70 o 80 °C activando el proceso fermentativo.

Con este proceso fermentativo el compostaje se garantiza en un período corto de tiempo y en lugares pequeños, esta alternativa de abono orgánico o compostaje reduce la cantidad de desechos orgánicos con el fin utilizar el subproducto para usos agrícolas. (Honobe 2013)

Los microorganismos que se emplean en este método son fermentativos, el uso efectivo de los mismos hace posible la producción de gran cantidad de compost ya sea en espacios pequeños o grandes en periodos cortos de tiempo, utilizando materiales al alcance de disponibilidad inmediata.

Las características de más importantes de emplear el método de Takakura son:

1. Producción de compost en un periodo de tiempo de una a dos semanas.
2. No presenta olores pestilentes ni filtraciones.
3. Económico y fácil de aplicar.
4. Los materiales a usar son de fácil adquisición.
5. El uso de microorganismos fermentativos ayudan a mejorar y nutrir el suelo.
6. Genera ingresos por la venta de compost.

2.1.10 Microorganismos Fermentativos

Si un residuo orgánico no es tratado apropiadamente estos puede entrar en putrefacción fácilmente. Para evitar que la materia orgánica se pudra es necesario el uso de una cantidad grande de microorganismos fermentativos y de esta manera empezar con el proceso de fermentación esperado. Cuando se tiene una cantidad mayor de microorganismos fermentativos, se produce la transición hacia la etapa de una fermentación buena. Pero si la cantidad de microorganismos fermentativos es menor, la materia orgánica tiende a emitir olores ofensivos debido a la cantidad mayor de microorganismos de la putrefacción. Para el compostaje por el método de Takakura no es necesario usar microorganismos fermentativos especiales, se puede usar aquellos que están en nuestro diario vivir, a los cuales se los llaman Microorganismo Nativos.

Se puede cultivar microorganismos fermentativos de buena calidad en:

1. Alimentos fermentados: Yogurt, soja fermentada, salsa de soja no refinada, vino, hongos, levadura.
2. Tierra Vegetal: tierra recolectada en la naturaleza.
3. Campos de cultivo orgánico: Lugares dedicados mejorar suelos con abonos orgánicos
4. Otros Materiales naturales: Cascarilla de arroz, afrecho de arroz, paja, pasto, árboles en estado de putrefacción.

2.1.11 Compostaje.

De manera general el compostaje es un tratamiento de degradación por biooxidación controlado y elaborado con ayuda de microorganismos que en presencia de humedad, una temperatura controlada y en condiciones aeróbicas, emplean los nutrientes que se encuentran en la materia prima hasta que el producto es homogéneo, libre de patógenos y con estabilidad físico- química⁹. (Szttern, Daniel; Previa Miguel A. 1999a: p.17)

En la materia orgánica a ser degradada la presencia de bacterias mixtas como microorganismos mesófilos y termófilos. Durante el proceso de compostaje se realizan transformaciones complejas de sucesión de poblaciones microbianas con capacidad de descomponer la materia orgánica.

Las poblaciones micro bacterianas tienden a evolucionar en función de la temperatura, pH, disponibilidad de nutrientes en la materia orgánica, cantidad de oxígeno presente en el proceso, contenido de agua en la materia orgánica, entre otros parámetros de vital importancia para los microorganismos.



Figura 1-2 Proceso de Compostaje.

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

2.1.12 Etapas del proceso de compostaje.

El proceso de compost está dividido en cuatro etapas que son las siguientes:

Fase Mesófila.

Esta fase es la inicial dura los primeros ocho días, en donde la materia orgánica se encuentra a temperatura ambiente, se ve un aumento exponencial de los microorganismos, la temperatura que se llega a alcanzar en esta fase es máximo de 45°C, este aumento se considera a partir de los

microorganismos utilizan el C y N, aquí se produce descomposición de azúcares presentes en la materia orgánica, produciendo los primeros ácidos orgánicos, lo cual ayuda a tener valores bajos del pH entre 4 a 4,5.

Fase Termófila.

Esta fase se identifica por tener temperaturas superiores a 40°C, en donde los microorganismos que soportan estas temperaturas, transforman el nitrógeno presente en amoníaco, se nota un aumento en los valores de pH. A los 60°C los microorganismos termófilos desaparecen y los actinomicetos. Estos microorganismos descomponen las ceras, proteínas y hemicelulosa en sí de toda la materia compleja presente en la materia orgánica que se está compostando.

Otra característica importante de esta fase es la eliminación de bacterias patógenas entre ellas: *Escherichia coli* y *Salmonella spp*, así también la eliminación de agentes patógenos como helmintos, esporas y semillas de malezas, ayudando a la desinfección del compost, el tiempo de duración de esta fase depende mucho del material orgánico de partida, condiciones de clima y otros factores que deben controlar. (Román Martínez & Pantoja pp 25-26)

Fase Mesófila II o Fase de enfriamiento.

En esta etapa la temperatura vuelve a descender los microorganismos mesófilas reaparecen para degradar la celulosa, cuando la temperatura desciende por debajo de los 40°C se reinicia la actividad de la etapa Mesófila y la acidez al igual que la temperatura desciende. Esta fase puede durar varias semanas. (Picado. Et al, 2005:pp. 20 – 23)

Fase de maduración

Es la última fase y comprende mantener la temperatura ambiente por meses, en esta fase ocurren reacciones secundarias de condensación y polimerización de compuestos carbonados del humus.

2.1.13 Parámetros a controlar en el proceso de compostaje.

Relación Carbono/Nitrógeno (C/N)

La materia orgánica está compuesta fundamentalmente por carbono y nitrógeno, por ello para lograr un compost de buena calidad es necesario que exista entre estos elementos un relación

equilibrada, este equilibrio depende de la composición de los elementos que se usen y las proporciones.

Los materiales que son ricos en contenido de carbono son aquellos que tienen tejido leñoso, fibroso y seco la característica de estos es que descomponen lentamente. Los materiales ricos en nitrógeno son los verdes, frescos y aquellos que se descomponen rápidamente aquí ese incluyen las plantas leguminosas. Las heces de animales tienen en su composición ambos elementos y otros más.

Se recomienda no utilizar mayores cantidades del mismo material, sino hacer una mezcla heterogénea de residuos procedentes de animales y vegetales.

La relación que debe existir entre el C/N debe ser de 25 a 35 parte de carbono por 1 de nitrógeno. Si la relación C/N es muy elevada la actividad biológica disminuye, si es muy baja no afecta al proceso de compostaje, pero el nitrógeno se pierde en forma de amoníaco. (Picado, et al , 2005:p 23)

Aireación.

Al inicio del proceso de compostaje, la mezcla de materia orgánica tendrá porosidades de diferentes tamaños. El aire pasara por las porosidades d mayor tamaño. Por lo tanto pueden darse condiciones anaeróbicas donde existe alta densidad y presencia de porosidades pequeñas. Este proceso anaerobio no es recomendable en plantas dedicadas a la producción de compostaje ya que emite malos olores al ambiente.

Por lo tanto es recomendado aplicar la aireación con regularidad a las pilas que se están compostando para evitar de esta manera que la materia orgánica tienda a entrar en proceso de putrefacción anaeróbica.

Una correcta circulación del aire puede garantizar una dispersión homogénea del cuerpo orgánico, este proceso ayuda a que la temperatura sea homogenizada dentro de la materia orgánica y también ayuda a una higiene adecuada del compost.

Humedad o riego

Para compostaje se requiere una humedad de 40 – 60 % para garantizar que se pueda dar una biodegradación en condiciones óptimas. Si el material está muy seco, no ocurre el proceso de biodegradación, si está muy húmedo puede ocurrir putrefacción anaeróbica.

El proceso de humedecer la materia orgánica se puede realizar ya sea manual o de manera mecánica, se debe regar la materia orgánica con regador manual o aspersor situado sobre las pilas.

Temperatura

La temperatura es uno de los factores que tiene mayor influencia en el crecimiento de los microorganismos y bacterias desarrollando su crecimiento de varias formas por ejemplo: si se aumenta la temperatura las reacciones enzimáticas se producen más rápido por lo tanto el crecimiento bacteriano igual, pero también es un factor que puede perjudicar en la formación de proteínas, ácido nucleicos y otros componentes celulares, causando así un paro en las funciones celulares, por lo que cada especie de bacteria o microorganismo tiene sus rangos mínimos y máximos de temperatura para sobrevivir en condiciones óptimas. (Madigan, Martinko & Parker, 2003, pp 150 -151)

2.1.14 Calidad de un compost.

Estabilidad del compost como producto final

La estabilidad de un producto tiene relación íntima con el tiempo de vida útil del producto sin que este entre en etapa de putrefacción. La estabilidad detalla las condiciones óptimas de un material siendo una propiedad importante y de gran objetividad.

La estabilidad de un compostaje viene fundamentada en propiedades, biológicas, químicas y físicas, entre ellas:

Tabla 7-2 Métodos de control de estabilidad en compost

MÉTODOS DE CONTROL DE ESTABILIDAD EN COMPOST	PARAMETROS A CONTROLAR
Métodos Físicos	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura de pila• Olor• Color• Densidad óptica de los extractos
Métodos químicos	Contenido de materia orgánica Relación carbono – nitrógeno (C/N) Demanda química de oxígeno (DQO) Contenido de polisacáridos Concentración de sustancias húmicas

Continúa

Métodos biológicos	Índice respirométrico Consumo de oxígeno Producción de CO ₂ Generación de calor Actividades enzimáticas Contenido de ATP Índice de germinación
--------------------	---

Fuente: Roben, 2002

Realizado por: MENDOZA, Jose 2019

2.1.15 Madurez del compost

Una madurez efectiva en el compost es ausencia de materia fitotóxica, este parámetro da la evidencia de que se ha culminado el proceso de biodegradación e higiene del compost. Existen grados de madurez según lo siguiente:

Tabla 8-2 Tipos de compost según su madurez

Grado de madurez	Temperatura obtenida en el experimento de autocalentamiento °C	Categoría del producto
I	>60	Materia cruda
II	50 – 60	Compost tierno
III	40 – 50	Compost tierno
IV	30 – 40	Compost maduro
V	<30	Compost maduro

Fuente: MA Olivares – Campos, et al. 2012

Realizado por: MENDOZA, Jose 2019

El grado de madurez indicado para que un compost pueda ser comercializado debe ser de madurez IV y de preferencia V para de esta manera asegurar que el producto no incluye gérmenes patógenos o fitotóxicos que afecten a la persona que manipula el producto.

2.1.16 *Tamaño de partículas del compost*

El tamaño de las partículas es un parámetro importante para saber que aplicación se le va a destinar al compost como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 96-2 Tamaño de partículas del compost

Fracción	Diámetro de las partículas	Aplicaciones del compost
Compost fino	<12mm	Abono mejoramiento del suelo
Compost mediano	12 – 25 mm	Abono , mejoramiento del suelo, material de filtro biológico
Compost grueso	>25mm	Material de estructura para mejoramiento del sueño, material de estructura para compostaje, material de relleno para trabajos de construcción o de arquitectura de paisaje.

Fuente: MA Olivares – Campos, et al. 2012

Realizado por: MENDOZA, Jose 2019

2.1.17 *Beneficiarios directos e indirectos.*

2.1.17.1 *Beneficiarios directos.*

La empresa GAMAFI será la beneficiaria directa al agregar un nuevo proceso industrial que le permita ser amigable con el medio ambiente cumpliendo con las normativas vigentes en control ambiental en la zona, de la misma manera con el futuro ingreso económico que le dará la venta del compost realizado en su empresa.

2.1.17.2 *Beneficiarios indirectos*

Con la implementación del proyecto se tendrán beneficiarios indirectos entre ellos tenemos:

- Comunidades cercanas a la Empresa GAMAFI debido a la disminución de malos olores y posibles focos de contaminación que puedan afectar a la salud y malestar de los pobladores.
- Agricultores de la parroquia Las Villegas, La Concordia y Monterrey que podrán adquirir el compost elaborado en la empresa GAMAFI para sus cultivos de cacao y plantas afines.

- Vendedores de viruta o cama para los galpones ya que este elemento sirve de base de materia prima para la elaboración del compost.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización del proyecto.

La empresa Avícola Gamafi se encuentra a 3 km fuera de la parroquia las Villegas en la vía Monterrey, La empresa Gamafi tiene a su alrededor una comunidad de 10 casas y un río del cual se abastece de agua. A continuación en la figura 1.1 se ubica la ubicación de la empresa:

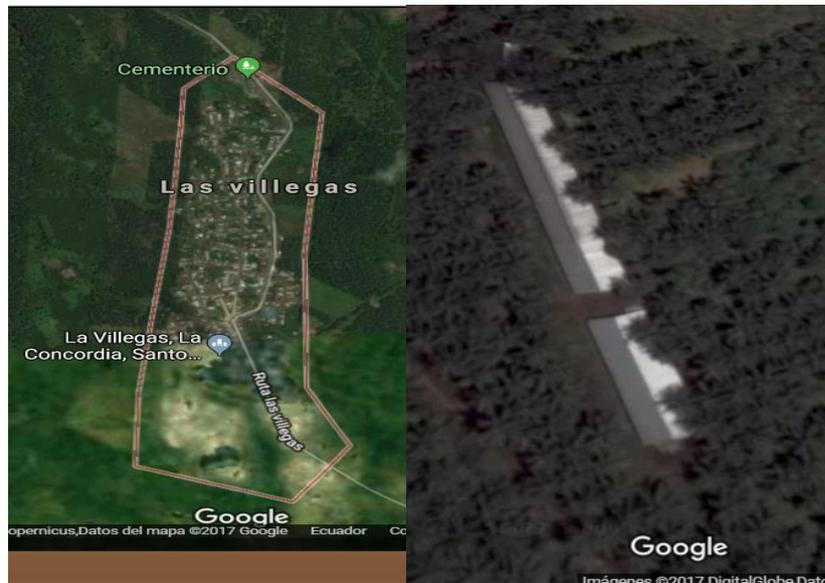


Figura 1-3 Ubicación geográfica de la empresa GAMAFI.

Fuente: google map. 2017.

A continuación se detallan las características geográficas del la ubicación de la parroquia las villegas lugar donde se realizara el proyecto:

Tabla 1- 3 Ubicación Geografía de la Concordia

ELEMENTO	Ubicación
Continente	América
País	Ecuador

Continúa

Continúa

Provincia	Santo Domingo de los Tsáchilas
Cantón	La Concordia
Altitud	217 m.s.n.m
Coordenadas geográficas	0°00'24"S 79°23'45"O

Fuente: Google Maps

Realizado por: MENDOZA, Jose 2019

3.2 Ingeniería del proyecto.

3.2.1 Tipo de estudio.

El proyecto para obtener un abono orgánico a partir de gallinaza en las instalaciones de la empresa GAMAFI es un proyecto de tipo técnico, que mediante la aplicación de proceso biológico, físico y químico bajo parámetros controlados y aplicación de seleccionador procesos unitarios y con la ayuda de un estudio inductivo, deductivo y experimental. Con la recolección de información y datos bibliográficos y la identificación de distintas variables que logran establecer el método indicado que como finalidad tendrá la obtención de un producto de calidad y que cumpla con las especificaciones vigentes.

3.2.2 Métodos y Técnicas

3.2.2.1 Métodos

El proyecto de tipo técnico de diseño industrial para la obtención de un abono orgánico está dividido en 3 etapas que son el método deductivo, el método inductivo y el método experimental en donde se logran determinar los siguientes puntos dentro del proceso: Caracterización de la materia prima, los cálculos de ingeniería y la validación del proceso para obtener un abono orgánico. Estos puntos dentro del proceso ayudaran a la obtención de datos lo cual ayudara a tomar decisiones en la aplicación del diseño del proceso industrial que se aplicara.

- Primera etapa método inductivo: se realizara con la ayuda de la recolección de muestras in situ, información bibliográfica, materiales que se usaran como materia prima, variables importantes en el proceso, toda la información los residuos que genera la empresa Gamafi y normativas vigentes que tiene que cumplir la empresa en sus actividades diarias.
- Segunda etapa método deductivo: ayudara a determinar el tipo de proceso más apropiado para realizar un proceso de para obtener un abono orgánico rápido y factible para la empresa,

aplicando los cálculos respectivos de ingeniería para poder dimensionar un proceso adecuado. Basándose en los datos obtenidos de la materia prima en este caso la viruta y gallinaza que inicialmente pasaron por un análisis proximal y fisicoquímico.

- Tercera etapa método experimental: se realizara con ayuda de diferentes ensayos y técnicas aplicadas en los laboratorios de la empresa GAMAFI, los cuales ayudaran a determinar si la producción del abono orgánico es factible y sostenible en la empresa. De la misma manera con la transformación de la materia prima al producto final mediante la aplicación de los diferentes procesos químico, físicos y biológicos. Estas características ayudaran a determinar las variables y parámetros necesarios y fundamentales para la aplicación de proceso industrial seleccionado y a su vez a la corrección del proceso en las diferentes etapas que lo conforman.

3.2.2.2 Técnicas

Es de gran importancia realizar a la materia prima de nuestro compost un análisis proximal en donde se pueda obtener los valores iniciales de ciertas características que nos proporcionara información importante, estas técnicas se realizaran en base las Normas NCh 2880.

Tabla 27-3: Técnica para cálculo de humedad

Fundamento	MATERIALES	TÉCNICA
Con la ayuda de esta técnica se determinara la cantidad de humedad presente en la materia prima. Mediante el cálculo diferencia de peso inicial con el peso final por deshidratación.	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Secador de bandejas • Crisoles • Espátula 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se pesa la bandeja vacía. 2. Se pesa la muestra humedad y se la ubica por toda la superficie de la bandeja. 3. Para este proceso se requiere secar la muestra a una temperatura de 70°C 4. En intervalos de 20 a 30 minutos se debe pesar la bandeja para obtener datos. 5. Cuando se obtenga un peso constante se da por terminada la técnica 6. Con ayuda de los datos obtenidos de puede calcular el porcentaje de humedad que tiene la muestra

Fuente: (Técnicas de Química de alimentos)

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Tabla 3- 3: Técnica para cálculo de materia orgánica y ceniza.

Fundamento	MATERIALES	TÉCNICA
Determinar la cantidad de carbono presente en la materia prima con el fin de saber la calidad agronómica de la muestra.	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza • Secador de bandejas • Crisoles • Espátula • Mufla. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Encerar el crisol por 2 horas a una temperatura de 105°C. 2. Pasar al secador por 20 a 30 minutos, luego pesar y anotar el peso del crisol. 3. Ubicar en el crisol 3 gramos de la muestra 4. Llevar a la mufla por 24 horas a una temperatura de 430°C 5. Colocar por 30 minutos en el secador. 6. Pesar el crisol con la muestra calcinada 7. Realizar los cálculos respectivos para materia orgánica y ceniza aplicando su respectiva formula.

Fuente: (Técnicas de Química de Alimentos)

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Tabla 4- 3: Cálculo del pH

Fundamento	MATERIALES	TÉCNICA
Determinar el grado de acidez que tiene nuestra materia prima.	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Agua destilada • Varilla de agitación • pH – metro. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Añadir 5 gramos de la muestra a un vaso de precipitación. 2. Se añade al vaso de precipitación agua

Continúa

		<p>destilada 50 ml y se agita con ayuda de la varilla</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. hasta tener una solución homogénea 4. Encender el pH – metro para el uso respectivo con la muestra. 5. Introducir los electrodos y esperamos el valor calculado de pH 6. Retirar y lavar los electrodos con el agua destilada.
--	--	--

Fuente: (Manual del compostaje del agricultor)

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Tabla 5-3: Cálculo de la conductividad eléctrica

Fundamento	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Determinar el grado de acidez que tiene nuestra materia prima.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Agua destilada • Varilla de agitación • pH – metro. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Añadir 5 gramos de la muestra a un vaso de precipitación. 2. Se añade al vaso de precipitación agua destilada 50 ml y se agita con ayuda de la varilla hasta tener una solución homogénea. 3. Encender el pH – metro seleccionar modo S/cm respectivas unidades de conductividad eléctrica. 4. Introducir los electrodos

		<p>y esperamos el valor calculado de pH.</p> <p>5. Retirar y lavar los electrodos con el agua destilada.</p>
--	--	--

Fuente: (Manual del compostaje del agricultor)

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Tabla 6-3: Determinación de proteína bruta (Método de Kjeldahl)

Fundamento	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Determinar la cantidad de proteína bruta (Nitrógeno), presente en la materia prima que será sometida al proceso de compostaje.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de Kjeldahl. • Balones de Kjeldahl de 800 ml. • Buretas. • Probetas. • Matraz elenmeyer de 500 ml. • Soporte universal. • Agitador magnético. • Varilla de agitación. • Ácido sulfúrico concentrado. • Hidróxido de sodio al 50%. • Ácido bórico al 4%. • Zinc metálico (lentejas). • Indicador para macro Kjeldahl. • Ácido clorhídrico 0.1 N. • Papel Filtro. • Catalizador. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pesar en el papel filtro 1 gramo de muestra. 2. Introducir las muestras con el papel filtro en los balones de Kjeldahl de 800 ml. 3. Pesar y añadir 10 gramos de catalizador en cada balón de Kjeldahl. 4. Añadir a cada balón 40 ml de ácido sulfúrico concentrado. 5. Colocar los balones en los equipos digestores de Kjeldahl, prender el extractor de vapores y encender el equipo para calentar la muestra. 6. Dejar que la muestra haga digestión por aproximadamente 90 minutos, se observara un cambio de color (verde).

		<p>7. Colocar en el matraz elenmeyer de 500 ml una cantidad de 70 ml de ácido bórico al 4%.</p> <p>8. Una vez realizada la digestión retirar los balones del equipo de Kjeldahl y dejar enfriar, llevar los matraces con el ácido bórico al equipo de destilación.</p> <p>9. Una vez fríos los balones con las muestras digeridas añadir a cada balón 400 ml de agua destilada.</p> <p>10. Agregue a cada balón 3 pedazos de zinc granulado.</p> <p>11. Añadimos a los balones 120 ml de hidróxido de sodio al 50%</p> <p>12. Se acopla los balones d Kjeldahl al equipo de destilación procurando antes tener una mezcla homogénea.</p> <p>Iniciar con la destilación y dar por culminada la misma cuando se obtengan entre 200 a 300 ml del destilado.</p>
--	--	--

		<p>13. Una vez obtenidos los 200 a 300 ml del destilado se le añade 3 gotas de indicador macro de Kjeldahl.</p> <p>14. Se arma el equipo de titulación con ayuda del soporte universal y agitador magnético.</p> <p>15. En la bureta colocar ácido clorhídrico al 0.1N</p> <p>16. Se realiza la titulación y se determina la cantidad de ácido clorhídrico utilizado en la titulación.</p> <p>17. Realizar los respectivos cálculos con los datos obtenidos durante la técnica.</p>
--	--	---

Fuente: (Manual para hacer composta Aeróbica)

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Tabla 7-3: Técnica determinación de extracto Etéreo (Método de Soxhelt)

Fundamento	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Determinar la cantidad de lípidos presentes en la muestra con el fin de evaluar su calidad agronómica.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza. • Papel Filtro • Equipo de Soxhelt • Hexano 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Pesar cierta cantidad de muestra. 2. Empaquetar la muestra en el papel filtro. 3. Colocar la muestra en el balón del equipo de soxhelt. 4. Armar adecuadamente el equipo de Soxhelt.

		<ol style="list-style-type: none"> 5. Colocar con mucho cuidado el solvente (hexano). 6. Iniciar con la extracción. 7. Terminado el tiempo de extracción separar el balón. 8. Evaporar totalmente el solvente. 9. Pesar el balón con la grasa. 10. Realizar los cálculos respectivos para saber la cantidad de grasa obtenida.
--	--	--

Fuente: (Specification for composted materials)

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Tabla 8-3: Determinación de fibra bruta

Fundamento	MATERIALES	TÉCNICA
<p>Este proceso ayuda a conocer la cantidad de fibra presente en nuestra materia prima mediante una digestión ácida y básica para después con ayuda de una calcinación conocer el porcentaje total de fibra.</p>	<p>Vaso de precipitación de 400 ml.</p> <p>Vidrio Reloj</p> <p>Varilla de vidrio</p> <p>Probeta de 100 ml</p> <p>Embudo de Büchner</p> <p>Papel filtro</p> <p>Balanza analítica</p> <p>Ácido sulfúrico</p> <p>Hidróxido de sodio al 2,5%</p> <p>Agua destilada</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se debe extraer a una muestra de 2 gramos la grasa. 2. Se transfiere la muestra a un vaso de 400 ml evitando el contacto con la fibra de papel. 3. Añadir a la muestra 200 ml de ácido sulfúrico al 1,25%. 4. Agitar para eliminar toda la formación de grumos

		<p>que se den en la disolución.</p> <ol style="list-style-type: none">5. Cubrir el vaso con el vidrio reloj y hervir la muestra por 30 minutos.6. Reponer con agua destilada las pérdidas de volumen que se produzcan durante el proceso de ebullición.7. Filtrar con cuidado la solución con ayuda del papel filtro, lavando todo el residuo con agua destilada.8. Transportar el sobrante del vaso de precipitación con 100 ml de agua destilada caliente.9. Añadir 100 ml de solución de hidróxido de sodio al 2,5%.10. Hervir durante 30 minutos reponiendo con agua destilada el volumen perdido en la destilación.11. Durante este proceso desecar un papel filtro a 105°C durante 60 minutos.12. Filtrar el líquido por el papel filtro desecado.
--	--	---

		<p>13. Lavar de nuevo el vaso de precipitación con ayuda de agua destilada caliente.</p> <p>14. Lavar con agua destilada hasta que la solución tenga no tenga pH básico, se puede verificar esto con ayuda de un papel indicador de pH.</p> <p>15. Dejar drenar, transferir a un pesa filtros, desecar por 3 horas 105 °C y pesar.</p> <p>16. Desecar por 15 minutos más y pesar, hacer lo mismo hasta tener un peso constante.</p> <p>Realizar los respectivos cálculos.</p>
--	--	---

Fuente: (Specification for composted materials)

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Para la elaboración del compost se tomó en cuenta las normas NCh 2880 que son normas internacionales para compostaje a partir de desechos producidas por especies de granjas de criaderos, ya que en el país aún no se cuenta con alguna norma vigente enfocada a compostaje orgánico.

Las pruebas de caracterización que se realizaran al compost obtenido se basa en la Norma NCh 2880 específicamente las siguientes, que al cumplir con los parámetros se garantiza un compost de calidad. Entre estos requisitos tenemos los siguientes.

3.2.3 Requisitos del producto compostado Normas NCh 2880.

Requisitos Sanitarios.

Todos los productos de composta deben cumplir con los siguientes parámetros en la composición o presencia de patógenos.

Tabla 9-3: Requisitos microbiológicos

Tipo de microorganismo	Tolerancia
1. Coliformes Fecales	< a 1000 NMP por grama de compost, en base seca
2. <i>Salmonella sp</i>	Ausencia
3. Huevos de helmintos Ova helmíntica	Ausencia
4. Virus MS – 2	Densidad máxima < a 1 UFP por 4 g de compost, en base seca
5. <i>Listeria monocytogenes</i>	Ausencia
6. <i>Clostridium perfringens</i>	(10) 3 por gramo de compost
NMP= Número más probable UFP= Unidad de Formación de placas	

Fuente: Normas Chilenas 2880

Elaborado por: MENDOZA, Jose. 2019

Requisitos Físico Químicos

Tabla 10-3: Contenido de Nutrientes

Nutrientes	Contenidos	Observación
Fósforo Soluble	Menor o igual de 5 mg/L en extracto	Para las plantas sensibles al stress de fosforo.
Fósforo total	Menor o igual a 0.1%, sobre base seca	Para las plantas sensibles al stress de fosforo.

Continúa

Nitrógeno Amoniacal más nitrógeno como nitrato	Mayor de 100 mg/L en extracto	Si se requiere que el compost contribuya a la nutrición vegetal.
Nitrógeno total	Mayor o igual a 0.8%, expresado en base seca	Si se requiere que el compost contribuya a la nutrición vegetal.
Boro	Menor de 200 mg/kg de masa, en base seca	Productos con un contenido menor de 100 mg/kg de masa, en base seca, tienen uso irrestricto
Sodio	Menor de 1%, sobre base seca	Como alternativa, a lo menos 7,7 moles de calcio más magnesio, por mol de sodio, en base seca.

Fuente: Normas Chilenas 2880

Elaborado por: MENDOZA, Jose. 2019

Olores.

Todos los compost de cualquier tipo deben presentar o emanar olores normales para el producto, debiendo someterse, según la cercanía de la empresa de producción a áreas pobladas, a los parámetros establecidos por la autoridad competente encargada. (Normas Chilenas 2880)

Humedad

Toda clase de compost debe presentar un contenido de humedad mayor o igual a 25% de masa del producto y menor o igual al contenido de materia orgánica +6, si se tiene un contenido mayor a 40% de masa de producto; o menor o igual al contenido de materia orgánica +10, si el contenido de materia orgánica es menor de 40% de la masa del producto. (Normas Chilenas 2880)

Capacidad de rehidratación.

Toda clase de compost debe presentar buena capacidad de absorción de agua. (Normas Chilenas 2880)

Metales pesados

Tabla 11-3: Concentraciones máximas de metales pesados en compost

Metal pesado	Concentración máxima en mg/kg de compost (base seca)
Arsénico	10
Cadmio	1
Cobre	50
Cromo	60
Mercurio	1
Níquel	10
Plomo	50
Selenio	6
Zinc	60
Concentraciones expresadas como contenidos totales	

Fuente: Normas Chilenas 2880

Elaborado por: MENDOZA, Jose. 2019

Conductividad Eléctrica.

Todo compost debe tener una conductividad eléctrica entre los rangos de 5 mmho/cm a 12 mmho/cm. (Normas Chilenas 2880)

3.3 Relación carbono/nitrógeno (C/N)

Todo compost debe tener una relación C/N dentro de los siguientes parámetros.

Tabla 12-3: Relación C/N

Tipo de Compost	Relación C/N
Clase A: compost que no necesita ser mezclado con otro tipo de sustancia	10 – 25

Continúa

Continúa

Clase B: compost que necesita ser mezclado otro tipo de sustancia	10 – 40
Compost Inmaduro	Máximo 50

Fuente: Normas Chilenas 2880

Elaborado por: MENDOZA, Jose. 2019.

3.4 pH

- El pH normal del compost debe estar comprendido entre 5 y 7,7.
- No obstante, si el pH esta entre 7,5 y 8,5 la relación de adsorción de sodio (RAS) debe ser menor a 7
- Si el pH es mayor 7,5 se debe informar en el rótulo el contenido de CaCO₃
- Un compost se considera maduro si después de una incubación de 24 horas en condiciones anaeróbicas, a una temperatura de 55 °C, el pH del producto es mayor a 6. (Normas Chilenas 2880)

3.5 Materia Orgánica.

Tabla 138-3: Materia Orgánica

Tipo de Compost	%Materia Orgánica
Clase A: compost que no necesita ser mezclado con otro tipo de sustancia	Mayor o igual a 45%
Clase B: compost que necesita ser mezclado otro tipo de sustancia	Mayor o igual 25 %
Compost Inmaduro	No Aplica.

Fuente: Normas Chilenas 2880

Elaborado por: MENDOZA, Jose. 2019.

3.6 Toxicidad en plantas.

En el uso de todo compost se debe prosperar al menos la germinación del 90% de las semillas, respecto al cultivo de referencia (sembrado sin compost). (Normas Chilenas 2880)

3.7 Tamaño de las partículas.

Para todas las clases de compost, el tamaño máximo de las partículas que lo integran debe ser menor o igual a 15mm. (Normas Chilenas 2880)

Índice de germinación.

Tabla 14-3: Técnica de Índice de germinación

FUNDAMENTO	MATERIALES	TÉCNICA
Está variable permite evaluar los diferentes grados de fitotoxicidad, ayuda a detallar el potencial fitotóxico que tienen los materiales orgánicos. Con ayuda de esta prueba se puede evaluar el efecto de adición de lodos a los suelos una vez que se usa algún abono orgánico.	<ul style="list-style-type: none">• Vasos de precipitación• Agitador de imán• Centrifugadora• Papel filtro• Cajas Petri• Agua Destilada• Papel filtro• Estufa de incubación	<ol style="list-style-type: none">1. Del compost obtenido se debe tener una muestra seca con la cual se realizará una extracción acuosa, en una relación 1:20 (p/v), agitando por 2 hora con ayuda el agitador de imán.2. Después se lleva a la centrifugadora programándola 7000 rpm3. En la caja Petri colocar papel filtro en la base.4. Poner la cantidad deseada de semillas en este caso 10 y añadir 10 ml del extracto tratando de mojar el papel filtro en su totalidad, realizar esto en algunas repeticiones.5. Preparar la muestra blanco con agua destilada.6. Envolver las cajas Petri con papel aluminio para evitar la resequedad y darle oscuridad a las muestras.7. Programar a estufa de incubación a una temperatura de 22 a 25 °C y humedad relativa de 70 a 80%, dejar incubar por 120 horas.8. Pasado el tiempo de incubación cuantificar el número de semillas germinadas y la longitud alcanzada por las raíces

Fuente: Normas Chilenas 2880

Elaborado por: MENDOZA, Jose. 2019.

3.7.1 Resultados de la caracterización de la materia prima

Utilizando los métodos apropiados se realizó el análisis proximal (Humedad, Cenizas, Proteína Bruta, extracto etéreo y fibra bruta) a la materia prima, conformada por una mezcla de viruta y gallinaza, tratando de tener en las muestras proporciones iguales de 100 gramos. En los que se obtienen los valores presentados en la siguiente tabla, estos análisis de los realizo en los laboratorios de control de calidad de la empresa GAMAFI.

Tabla 159-3: Resultados de análisis proximal de materia prima (viruta y gallinaza)

Parámetros	Muestra N°1	Muestra N°2	Muestra N°3
Humedad (%)	8,3	9,4	11,3
Cenizas	25,3	27,8	26,4
Proteína bruta	30,5	26,7	20,7
Extracto etéreo (grasas)	1,8	2,4	2,3
Fibra bruta (%)	13,6	15,6	23,4
Materia Orgánica	85.35	92.35	91.17
NT	1.88	1.75	1.90

Fuente: Lab. Ricardo Toledo.

Elaborado por: MENDOZA, Jose. 2019.

Con estos datos obtenidos como resultados llegamos a la conclusión que la materia prima cumple con las condiciones óptimas para el proceso.

3.7.2 Descripción y selección del método de compostaje seleccionado para la empresa GAMAFI.

Método fermentativo de compostaje TAKAKURA.

El método de Takakura es el método seleccionado para este proyecto técnico, el método de compost de Takakura tiene como finalidad utilizar en el proceso microorganismos de rápida degradación los cuales ayudan a descomponer la materia orgánica en tiempo aproximado de dos meses.

Los requisitos que se necesitan para el método de compostaje Takakura son, los que han sido cumplidos por la materia prima después de su caracterización. Entre estos requisitos se tiene lo siguiente:

Tabla 16-3: Requisitos de la materia prima para el proceso de compost Takakura

Requisitos	Parámetros a cumplir
Tamaño de la partícula	2 – 3 cm
Tipos de microorganismos presentes en la materia prima	Microorganismos de preferencia, Fermentativos.
Humedad	15 – 25 % en el inicio del proceso
Macronutrientes	Presencia de celulosas y hemicelulosas

Fuente: Folleto compost Takakura.

Elaborado por: MENDOZA, Jose. 2019.

Los residuos sólidos que se generan en la empresa Gamafi esta formados por viruta o cama del galpón, la cama que se utiliza en esta empresa es la cascarilla de arroz, la misma que es rica en macronutrientes, los cuales serán degradados en el proceso de compostaje. Dicho componente es gran importancia debido a que servirá de fuente de energía y alimento de los microorganismos presentes en el proceso.

Otro de los elementos que conforman la materia orgánica son las heces de las aves que se encuentran en los galpones que dependiendo de características como la edad, alimentación e hidratación de las aves puede ser considerada como pollinaza o gallinaza, en este caso la muestras se tomaran del galpón de las aves de mayor edad y así asegurar la presencia de mayores microorganismos presentes en la gallinaza que con ayuda de las diferentes etapas presentes en el método seleccionado ayudaran a su crecimiento exponencial lo cual es vital para que nuestro proceso sea eficaz.

La humedad es un parámetro de gran importancia en la materia prima antes, durante y después del proceso, es el parámetro que nos garantizará las estabilidad tanto de la materia prima, como del producto obtenido después del proceso. Muchas de las veces este valor de humedad varía dependiendo mucho de las condiciones climáticas del lugar donde se realiza el compost, dependiendo de las condiciones del galpón en ocasiones existen goteras en el techo del mismo e incluso muchas de las veces la humedad inicial en la materia prima se da por la vulnerabilidad

que existe en riego de agua de los bebederos al suelo del galpón, como consecuencia de que las aves suelen agruparse en pequeños espacios teniendo contacto físico con los bebederos.

Uno de los parámetros más importantes e indispensables en el método de compostaje de Takakura es el tamaño de las partículas de la materia prima el método de Takakura es exclusivo para partículas de máximo 5 cm de dimensión, este requisito a diferencia de los otros métodos para obtención abonos orgánicos, es el que ayuda a que los microorganismos puedan degradar mejor la materia orgánica y transformarla en abono en corto plazo teniendo en cuenta a su vez que los microorganismos que ayudaran a este proceso deben ser exclusivamente de tipo fermentativo. Se debe siempre tener en cuenta que el tamaño de las partículas que conformen la materia prima para este método deben cumplir con las dimensiones establecidas como requisito, de lo contrario el método de Takakura no sería efectivo y se estaría realizando un método de compostaje tradicional con una largo plazo en su proceso lo cual no sería conveniente para un proyecto en una empresa privada.

3.7.3 Aplicación del método Takakura a escala piloto

Elaboración de soluciones para el método de compostaje Takakura.

Para empezar con el proceso del método de Takakura, Las sustancias orgánicas son sometidas al compostaje con los medios de cultivo de microorganismos que se adaptan al suelo y están comúnmente disponibles en el ambiente natural y sirven para eliminar los microorganismos indeseables; Debido a que los microorganismos fermentativos que se adaptan perfectamente al compostaje existen cerca de nuestros alrededores, cualquiera puede realizar fácilmente el compostaje descubriéndolos y cultivándolos siguiendo una serie de etapas que a continuación se describen a cabalidad; es prioritario elaborar dos soluciones una de composición dulce y otra de composición salina las mismas son de vital importancia para este proceso.

Composición y elaboración de solución salina.

En esta etapa de aplicación a escala piloto se necesitan los siguientes componentes:

- Cáscaras de verduras y frutas
- 500 ml de agua
- Sal

Iniciamos con la separación de las cáscaras de las verduras y frutas, los vegetales más recomendados y factibles a utilizar en este método de son berenjena, calabacín, pepino, lechuga

y zapallo. Mientras que por el lado de la frutas es viable y se recomienda usar uva, naranja, guayaba, papaya.

Las cáscaras de tubérculos no se usan ya que estas tienen tierra que podría afectar a la solución salina impidiendo que la solución se fermente y no sea un proceso exitoso. Mientras que se recomienda que la presencia de cáscaras de uva sea indispensable ya que en ellas existen gran cantidad de microorganismos fermentables. Una recomendación clara es que la solución debe tener un alto contenido de sal, sin llegar a la saturación de la solución. Se debe dejar macerando la solución durante un periodo de 4 a 5 días. Para el compostaje no se requieren microorganismos fermentativos especiales, salvo aquellos que existen en nuestra vida diaria, los cuales se denominan Microorganismos Nativos (NM). Y los anteriormente nombrados son los más factibles para este proceso es por ello que a la hora de su selección deben cumplir los parámetros antes descritos.

Composición y elaboración de solución dulce.

Para esta etapa de aplicación a escala piloto se necesitan los siguientes componentes:

- Azúcar morena.
- 200 gramos de yogurt natural.
- 3 cucharadas de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)
- 1.5 litros de agua.

En un recipiente se disuelve la azúcar morena, la levadura y por último el yogurt esta solución se debe agitar y mezclar bien con el fin de tener una fusión de los componentes, posteriormente se deja macerar por 4 a 5 días. Teniendo en cuenta que la solución debe quedar dulce sin caer en la saturación de la solución.

Como recomendación se debe revisar que las soluciones no desprendan malos olores para garantizar un proceso exitoso.

La importancia de las soluciones en el método de Takakura son las que garantizaran la presencia de los microorganismos fermentativos los cuales ayudaran a la transformación y descomposición de la materia orgánica en compost.

Con ayuda de la maceración en la solución salada se puede extraer los componentes deseados de las cascaras de frutas y verduras al mismo tiempo el reposo de esta solución dulce ayuda a la concentración, adaptación y crecimiento exponencial de los microorganismos presentes en la

levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y yogurt; este proceso tiene como finalidad fortalecer la presencia de los microorganismos fermentativos.

Recolección de materia prima para la aplicación del método Takakura a escala piloto.

La empresa Gamafi dentro de sus infraestructura cuenta con dos galpones destinados a la crianza de pollos de engorde, el primer galpón tiene una capacidad de 15000 pollos y el segundo galpón una cantidad de 5000 pollos generando de manera bimensual 100 m³ de residuos sólidos para la aplicación a escala piloto del método de Takakura se realiza de la siguiente manera; la recolección de la materia prima se realizó en el primer galpón ya que en este es en donde se ubican los pollos con mayor edad así garantizaremos en nuestra materia prima la presencia de gallinaza, se utilizó un muestreo de tipo longitudinal ya que el proceso de recolección se dará con el mismo tipo de población, en un periodo de tiempo determinado en distintas fases que conforman y dura en el proceso de compostaje, con la finalidad de evaluar las variaciones del mismo en el tiempo.

Dentro a las instalaciones de la empresa GAMAFI se recogió muestras dentro del primer galpón en lugares donde las aves caminan y reposan con más frecuencia, se evitó recoger muestras cercana a los bebedores de las aves con el propósito de evitar valores de humedad altos, de la misma manera, no se recogió muestras cercanas a los comederos con el fin de evitar la presencia de componentes no deseados en este caso el balanceado que sirve de alimentación para las aves. En el muestreo se recogió para la aplicación a escala piloto de materia orgánica inicial 20,4 kg compuesto por cascarilla de arroz y gallinaza.

Aplicación de los macerados en la materia prima y formación de un lecho de fermentación.

Después de los 4 a 5 días de maceración se mezclara con los 20,4 kg de materia orgánica inicial, en muchos casos no necesariamente se añaden, hojas secas las cuales son ricas en carbono que beneficia a la relación C/N que es uno de los parámetros importantes para producir un buen compost teniendo en cuenta a su vez que para el método de Takakura no se debe utilizar en mayor cantidad la presencia de hojas secas ya que los residuos ricos en carbono son más lentos en descomponerse, y harina que al tener una buena composición de hidratos de carbono sirve de alimento adicional para los microorganismos, en caso de que se utilicen estos componentes adicionales se debe mezclar en una superficie limpia, en donde se llevara a cabo la mezcla con los macerados dulce y salino.

Se mezclan las soluciones evitando añadir la parte sólida en el caso de la solución salina con un cedazo para solo añadir la parte líquida con la materia orgánica inicial con el fin de humedecer

adecuadamente la misma sin tener un exceso humedad, tratando de mezclar desde la parte interior de la materia orgánica hasta la parte exterior por lo general la prueba más rápida, sencilla y fácil es la prueba del puño; la cual consiste en apretar un puñado de la mezcla de tal manera se puede sentir que la materia orgánica esta húmeda y ligeramente compacta pero esta no debe escurrir líquido, si por algún motivo existe exceso de humedad se recomienda esta se regule utilizando material orgánico seco, para garantizar que el proceso se llevara sin la presencia de malos olores como signo de putrefacción por presencia excesiva de humedad.

Una vez mezclado la materia orgánica y las soluciones en la superficie limpia se debe formar una pequeña pila, bien amontonada para que empiece con la primera etapa de compostaje, esta pila debe estar en la superficie por un periodo de 5 días en donde se recomienda tapar la pila con periódicos los cuales evitar el ingreso de insectos al mismo y mantener una temperatura adecuada, ya que en estos 5 primeros días en donde se observara el crecimiento de los microorganismos fermentativos.

Almacenamiento de la semilla de Takakura.

Una de las características importantes en el método Takakura es la opción que tiene de conservar sus microorganismos por largo periodo de tiempo, lo cual facilita la aplicación en varias pilas de compostaje en diferentes tiempos ahorrando de esta manera el proceso inicial de elaborar los macerados en caso de que se requiera aplicar el método de Takakura en varias pilas, basta con solo esparcir en la pila de materia orgánica cierta parte de la materia orgánica que forma parte de la materia de lecho de fermentación.

Para almacenar el lecho fermentativo o semilla de Takakura se deben realizar aplicando las siguientes características.

Se debe tener una caja respirable, la característica de esta caja es tener orificios en todos los lados con el fin de que los microorganismos puedan respirar y continuar sin inconvenientes con el proceso de compostaje.

La caja respirable debe ser forrada internamente de cartón, en caso de que existan orificios se debe tapar con cinta masking y no con cinta adhesiva ya que si se utiliza esta evita el paso de aire dentro de la caja, se recomienda tapar cada orificio presente en la caja respirable para evitar ingreso de insectos que puedan afectar en el proceso.

Se procede llenar las canastas respirables y con ayuda de un papel periódico y tela se tapa de esta manera se puede revisar o remover la materia orgánica, se recomienda de la misma manera tapar bien.

Una de las características que se deben observar y presentar en el proceso de almacenamiento es la presencia exponencial de las primeras poblaciones bacterianas que se presentan en la superficie de la materia orgánica que se está compostando.

También se observa la presencia de aumento de temperatura que debe ser controlada a diario con el fin de evitar un aumento o disminución de la misma con el de mantener los microorganismos vivos.

Control diario de temperatura, humedad y Aireación en etapa de aplicación de método Takakura a escala piloto.

Temperatura.

Se debe controlar a diario en el método de compostaje Takakura cuidadosamente la temperatura, ya que este es un factor importante para que los microorganismos puedan desarrollar de manera correcta su desempeño en las actividades microbianas para transformar la materia orgánica en abono orgánico, las cuales darán mayor calidad al compostaje. En este método la temperatura no debe exceder los 60°C d bajar de los 40 °C, manteniendo el proceso de compostaje en las etapas Mesófila y termófila.

Humedad.

Es recomendable mantener un equilibrio de la humedad porque su exceso puede alterar la estabilidad de la materia orgánica causando que se pudra o la ausencia no favorece al proceso del compostaje para la obtención de un buen producto y de calidad; la humedad indicada para un buen desempeño del proceso fermentativo se encuentra entre el 51 y 61 % del peso. Para el control se debe realizar aplicando el método del puño o utilizar el higrómetro.

Aireación.

Otro de los parámetro que se deben controlar es la aireación, a pesar de tener cajas respirables se debe remover la materia orgánica en su totalidad desde la parte inferior hasta la superior de la materia orgánica lo que ayudara a que el proceso se lleve en etapa aeróbica y todos los

microorganismos puedan desarrollarse de manera correcta y a su vez cumplir de manera efectiva con el proceso de compostaje del método de Takakura. Si no existe la aireación necesaria los microorganismos no se desarrollarán y morirán. También con la presencia de la aireación se evita la presencia de olores no deseados.

3.7.4 Resultados obtenido en la aplicación del método Takakura a escala piloto.

Los resultados que a continuación se detallan se obtuvieron en los dos meses que se aplican el proceso del método de Takakura que empezó el día 9 de abril del 2019 al 9 de junio del 2019. Entre estos los parámetros que se tomaron en cuenta fueron temperatura que con ayuda de un termómetro se logró obtener los siguientes valores:

Tabla 17-3: Valores de temperatura método Takakura

Valores de temperatura obtenidos en la aplicación del método Takakura a escala de laboratorio			
DÍA	GRADOS °C	DÍA	GRADOS °C
1	23	31	60,7
2	38,5	32	61
3	40,7	33	61,4
4	40,8	34	60,8
5	40,8	35	60
6	40,6	36	60,3
7	42,1	37	60
8	46	38	61
9	48	39	60,8
10	49,5	40	60,6
11	51,2	41	60,4
12	52,5	42	60,2

Continúa

Continúa

13	53	43	60,4
14	54,4	44	60,5
15	55	45	60
16	54,7	46	59,8
17	56	47	59,7
18	57,5	48	55
19	58,7	49	54
20	59	50	53,5
21	59,4	51	51,2
22	60	52	49
23	61	53	47,5
24	60,5	54	43
25	60,3	55	40,7
26	60,4	56	40,5
27	60,1	57	40,3
28	60,2	58	40,2
29	60,2	59	40
30	60,6	60	40,1

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Mientras que los resultados que se obtienen al controlar la humedad con ayuda del higrómetro en este periodo determinado de tiempo a escala piloto son los siguientes:

Tabla 18-3: Valores de humedad obtenidos en el método Takakura.

Valores de Humedad obtenidos en la aplicación del método Takakura a escala de laboratorio			
DÍA	HUMEDAD (%)	DÍA	HUMEDAD (%)
1	34,3	31	20,7
2	48,5	32	21
3	40,7	33	21,4
4	30,8	34	20,8
5	30,5	35	20
6	30,6	36	20,3
7	32,1	37	20
8	36	38	21
9	38	39	20,8
10	29,5	40	20,6
11	21,2	41	20,4
12	22,5	42	20,2
13	23	43	20,4
14	24,4	44	20,5
15	25	45	20
16	24,7	46	29,8
17	26	47	29,7
18	27,5	48	25
19	28,7	49	24
20	29	50	23,5

Continúa

Continúa

21	29,4	51	25,2
22	20	52	25
23	21	53	27.5
24	20,5	54	23
25	20,3	55	25,7
26	20,4	56	25.5
27	20,1	57	25.3
28	20,2	58	25,2
29	20,2	59	25
30	20,6	60	25,1

Elaborado por: Mendoza, Jose. 2019

3.7.5 Caracterización del Compost obtenido.

Pasado los 2 meses de compostaje se tiene listo nuestro abono orgánico aplicando el método de Takakura, el cual se debe caracterizar con la finalidad de tener análisis de validación que cumplan con los requisitos y parámetros según la Norma NCh2880 del Instituto Nacional de Normalización (INN).

En estos análisis de caracterización se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 19-3: Caracterización del compost obtenido en aplicación planta piloto

Identificación.	Compost MT Muestra #1	Compost MT Muestra #2
Ph	6.4	7.3
Conductividad eléctrica (s/m)	4.7	9.7
N (%)	0.8	0.65

Continúa

Continúa

P (%)	0.7	0.11
K (%)	0.4	0.76
Ca (%)	0.8	0.95
Mg (%)	0.75	0.8
Mn (ppm)	33.5	67
Fe (ppm)	45.7	32.8
Zn (ppm)	0.6	0.9

Fuente: TOLEDA, Ricardo. Lab.

Elaborado por: Mendoza Jose. 2019

3.8 Implementación a escala industrial.

3.8.1 *Requisitos necesarios para una planta procesadora*

Es necesario que para el diseño de un proceso industrial de este tipo y su mantenimiento considerar los aspectos básicos para una planta industrial desde estar en una zona de seguridad, tener las delimitaciones fijadas de los lugares dentro de la instalación en donde se almacenaran los residuos sólidos o materia prima a tratar y el lugar en donde se ubicara como destino final el producto obtenido. (Cataluña, 2016)

Para tener las dimensiones de una planta procesadora de este tipo se debe tener en cuenta aspectos importantes como los que se detallan a continuación.

- Tipo de residuos a procesar y lugar de almacenamiento dentro de la planta.
- Cantidad de residuos y materiales adicionales que se usaran en el proceso.
- Tiempo estimado de la duración del compost dependiendo del método que se haya aplicado.
- Tecnología y equipamiento necesarios para el proceso.
- Espacio requerido para el proceso de compostaje seleccionado.
- Zonas de procesamiento y almacenaje que deben estar debidamente pavimentadas
- Señalización de zonas de ingreso de material a compostar, zona de proceso, zona de producción y zona de salida del compost debidamente diferenciadas.
- Lugares de desinfección de personas y vehículos que ingresen a la planta.

- Zonas de almacenamiento de los residuos generados en el proceso de compostaje
- Planes de control de reducción de impactos ambientales
- Control y sistematización en el proceso de compostaje.

3.8.1.1 *Etapas y operaciones en el proceso de compostaje por el método de Takakura.*

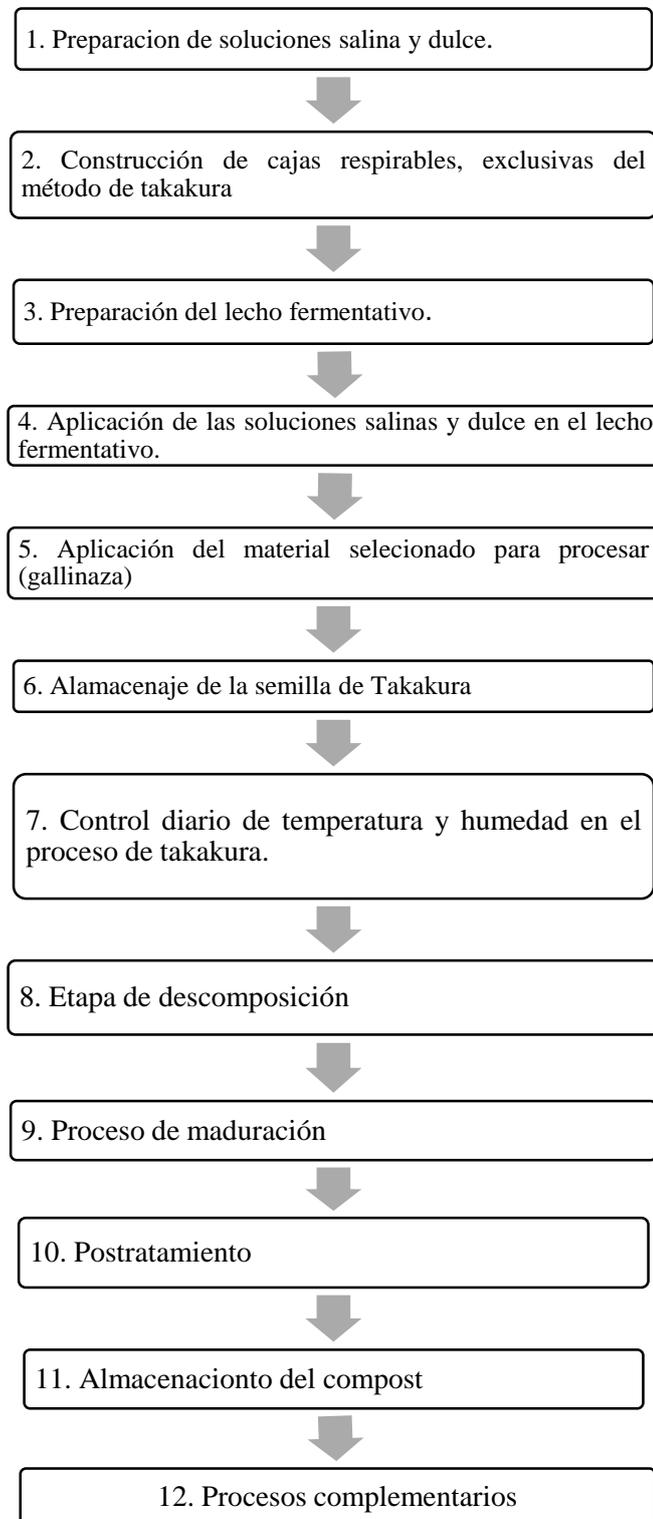


Figura 2-3 Etapas y operaciones del método Takakura

Fuente: Folleto de Compost Takakura. (2018)

3.8.1.2 Materia prima a utilizar en el proceso de compostaje.

El material a utilizar en este proceso de compostaje en su mayoría está conformado por cascarilla de arroz el cual es un subproducto de las molineras con varias aplicaciones a nivel industrial desde alimentación para animales hasta como sustrato hidropónico, es de buena aireación, buen drenaje, peso liviano y de dimensiones pequeñas requisitos para aplicar el método de Takakura. Otro de los componentes que conforman la materia prima para el compost es la gallinaza que conforma un 40% de la materia orgánica a compostar, dentro de las propiedades que tiene esta materia orgánica como principales para el proceso tenemos la carga orgánica y bacteriana necesaria para ayudar a la descomposición de la materia orgánica y también la gallinaza tiene las dimensiones necesarios para la aplicación del método de compostaje seleccionado.

Se debe considerar la cantidad bimensual de residuos sólidos generados en la empresa GAMAFI es de 100 metros cúbicos producidos por 20000 pollos de engorde los datos estimado que se obtienen en la empresa.

3.8.1.3 Recepción y almacenamiento de materia prima y materiales

En este punto del proceso que es de gran importancia es donde se llevan a cabo las operaciones necesarias en la llegada de los materiales a la planta de proceso:

1. Recepción de la materia prima a ser compostada.
2. Ubicación y lugar donde serán descargados estos materiales
3. Identificación de los materiales a la entrada y salida, por ejemplo: día, hora, cantidad, código, etc
4. La salida de los vehículos que transportan el material.

3.8.1.4 Almacenamiento y descarga temporal de materia prima.

Para diseñar los lugares de almacenamiento temporal de la materia prima a compostar se debe tener en cuenta las características de la materia prima, como por ejemplo, granulometría, humedad, pastosidad entre otras.

De igual forma también se debe tener en cuenta el volumen estimado que va a ingresar para el tratamiento, también se debe considerar la facilidad de limpieza de los lugares, protección de los lugares de las condiciones ambientales que pueden llegar a afectar la estabilidad del proceso de compostaje, también el diseño apropiado de los lugares de almacenamiento ayuda a evitar las

formaciones de productos no deseados como por ejemplo lixiviados y malos olores. Creando dentro de estos lugares planes de acciones para controlar dichos factores.

3.8.1.5 Criterios de diseño de la planta de compostaje.

Para el diseño de este tipo de planta de producción se debe considerar y tomar en cuenta los siguientes criterios:

Tabla 2010-3: Criterios de diseño para planta de compostaje

Precipitaciones sobre la planta	Consideraciones	
Zona de recepción y/o almacenamiento descubierta	Presencia de lixiviados	
Fracción vegetal o materia orgánica usada como formación de estructuras		Presencia de Aguas sucias
Residuos con alta presencia de humedad en zonas descubiertas con presencia de los líquidos de los residuos pendientes.	Presencia de lixiviados	

Fuente: Cataluña, 2016

Realizado por: Mendoza, Jose 2019

3.8.1.6 Implementación de soleras.

Se recomienda que los lugares en donde se destinara para la recepción y almacenamiento de lo materia prima, residuos o materiales que se uses para el proceso de compostaje, es necesario la presencia de las soleras de hormigón con canales implementados y adecuados para la transportación y fácil recolección de los lixiviados que se pueden llegar a formar.

Se recomiendo a su vez para los lugares destinados a la recepción y preparación de la materia orgánica se puede usar soleras de tierra compacta. (Cataluña 2016)

3.8.1.7 *Parámetros a considerar en el diseño de la planta de compostaje.*

Tabla 21-3: Parámetros para diseño de planta de compostaje

Procesos Iniciales	Descarga y almacenamiento de materia prima y materiales
Operaciones complementarias en el proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Pesado de la materia prima y materiales. • Control e identificación de espacios designados • Preparación de los materiales y materia prima. • Limpieza y desinfección de los lugares de almacenamiento
Tipo de material a usar en el proceso	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo destinado de almacenamiento • Tipo de almacenamiento de materia prima y producto final
Operaciones y fases complementarias	<ul style="list-style-type: none"> • Distribución adecuada en la planta de proceso • Equipos • Espacio destinado u ocupado en la planta • Tiempo máximo destinado al almacenamiento.

Fuente: (Cataluña, 2017)

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

3.8.1.8 *Fase de pretratamiento*

Se debe de considerar que para que el proceso de compostaje pueda llevarse a cabo sin presencia de algún tipo de inconveniente o problema que afecte y a su vez modifique las condiciones naturales del proceso se debe tener en cuenta que todos los parámetros que se deben controlar en la materia prima deben estar dentro de los valores establecidos. Dependiendo del tipo de proceso seleccionado para el compostaje se debe realizar una mezcla previa o un proceso de homogenización que ayudara a que la mezcla alcance los valores ideales para ser compostado, este es el proceso conocido como pretratamiento o mezcla y homogenización.

Entre las características más importantes para la realización de pmezclas en la fase de pretratamiento tenemos:

Tabla 22-3: Premezclas en fase de pretratamiento

Relación C/N	Ayuda a minimizar la pérdida de nitrógeno y limita el proceso.
Estructura	Ayuda a mantener la porosidad en la pila de compostaje
Contenido de otros elementos	Ayuda a mantener la actividad de los microorganismos presentes en el proceso de compostaje.
Humedad y Ph	Dos de los parámetros más importantes dentro del proceso son ideales para la actividad y supervivencia de los microorganismos
Cantidad de materia orgánica	se debe tener la cantidad adecuada para que el proceso pueda iniciar correctamente y culminar de la misma forma
Porosidad	Permite la adecuada aireación y retención del agua en la pila de compostaje.

Fuente: (Cataluña, 2017)

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

La homogenización de la materia prima se puede realizar de manera manual con palas o con tolvas cuando se trata de grandes cantidades de materia prima y materiales necesarios para el compostaje.

3.8.2 Materiales y equipos complementarios.

3.8.2.1 Materiales complementarios en el proceso de compostaje

En el proceso inicial de compost en las pilas de compostaje se puede añadir ciertos componentes adicionales dependiendo del método de compostaje seleccionado en este proyecto se añadirá al principio en la pilas de compostaje o semilla de Takakura las soluciones: salina y dulce. Estos materiales adicionales facilitan el proceso de compostaje y evitan la pérdida de nutrientes lo cual mejora las características del producto obtenido. Cuando se añade un material adicional esta ayuda a mejorar en el compost objetivos como:

- Corrección de la relación de C/N
- Mejoramiento de estructura.

- Incremento de la cantidad de materia degradable
- Aumento de la porosidad de materiales
- Corrección de pH
- Corrección de la humedad en la pila

Dentro de los materiales complementarios necesarios para el proceso de compostaje y mejorar la calidad del mismo se tiene a los siguientes:

- Agua.
- Lixiviados del mismo producto.
- Lodos de procesos industriales
- Poso de café
- Paja
- Purín
- Urea
- Sulfato Ferroso
- Carbonato de Calcio

3.8.2.2 *Equipos destinados a la dosificación y elaboración de premezclas.*

En el proceso seleccionado para este proyecto es necesario el uso y aplicación de premezclas ya que método Takakura requiere de la adición de macerados en la materia orgánica inicial con el fin de ayudar a los microorganismos a su crecimiento y supervivencia durante todo el proceso con el fin de transformar la materia orgánica en compost, debido a esto se debe elegir el método de alimentación de los macerados y sus cantidades definidas dependiendo de las siguientes características:

- Alimentación discontinua.
- Alimentación continúa.
- Alimentación realizada por palas mecánicas.
- Alimentación de flujo rápido
- Alimentación versátil al utilizar materiales diferentes.
- Alimentación considerando los rangos ilimitados de componentes.
- Alimentación que limita las proporciones de la mezcla y el número constituyentes de la premezcla.
- Alimentación de mezclas más constantes proporcionalmente.
- Alimentación dependiente de la capacidad de los equipos y las palas cargadoras.

3.8.2.3 Equipos de homogenización.

Dependiendo del diseño seleccionado para la instalación, del proceso de compostaje seleccionado y de la capacidad de producción y tratamiento de los residuos sólidos producidos se puede escoger los equipos de homogenización, se debe considerar el tipo de alimentación de las premezclas si será continua o discontinuo, el tamaño de las partículas de los materiales, el estado de los materiales, si existen la operación de triturado, si tiene características higroscópicas, si deben ser pesados.

En el caso del proceso de Takakura se omite la operación de triturado ya que los materiales que se van a compostar tienen las dimensiones que se requieren para este proceso, lo que si se debe de considerar es la incorporación de los macerados en el inicio del proceso y además una homogenización de los componentes que conforman la materia orgánica a compostar, que son la cascarilla de arroz, gallinaza y los macerados salino y dulce respectivamente.

3.8.2.4 Incorporación de macerados líquido y dulce en el proceso de compostaje Método Takakura.

Los macerados que se realizan al inicio del proceso de compostaje en el método Takakura son de gran importancia debido a que con ellos se corrige la humedad inicial del proceso y no se debe volver a añadir ningún tipo de macerado para corregir la ausencia de humedad. El compostaje de gallinaza al ser deyecciones de aves adultas la presencia de humedad por eso se debe tener mucho cuidado en el proceso de añadir los macerados ya que la humedad es uno de los parámetros que definirán que el proceso se lleve correctamente.

En caso de que la humedad en el inicio de nuestro proceso esté por debajo de los parámetros requeridos se recomienda humedecer con agua de grifo y si por lo contrario existe un exceso de humedad lo que se debe añadir es materia orgánica para corregir este parámetro.

3.8.2.5 Etapa de descomposición

Es uno de los momentos más importantes del proceso de compostaje y en el cual se deben considerar varios aspectos y parámetros, en este momento ocurren la descomposición por la acción y presencia de los microorganismos fermentativos presentes en la materia orgánica y potenciados con los microorganismos que se forman en los macerados, en este proceso el aumento de temperatura es notorio en las pilas de compostaje evaporando el agua que contienen, se forman

también algunos ácidos orgánicos esta presencia hace que los valores de pH se alteren acidificando la mezcla.

Durante este proceso también se puede observar cómo se reduce el tamaño de las pilas modificando su volumen y peso inicial, lo cual nos permite alcanzar la estabilidad de la materia orgánica y la higienización del producto obtenido, siempre que se consideren las condiciones ambientales óptimas para la actividad microbiana, por lo tanto este es el proceso en donde se debe controlar cuidadosamente cada parámetro para no tener ningún tipo de inconvenientes en la formación del compost.

Para evitar algún tipo de inconveniente se recomienda controlar la relación C/N de las pilas adicionando materiales complementarios que ayuden a alcanzar el rango necesario para el compost, voltear las pilas cada 7 días o controlar el tamaño de las partículas para evitar las condiciones anaerobias, realizar el respectivo y correcto proceso de aireación para evitar las temperaturas excesivas que pueden llegar a matar a los microorganismos fermentativos.

3.8.2.6 Superficie necesaria para las pilas de compostaje

Para realizar la determinación de espacio requerido para las pilas que serán parte del proceso de compostaje se debe considerar los factores necesarios como el volumen de la materia orgánica, en este caso la mezcla de gallinaza y cascarilla de arroz, tomando en cuenta los siguientes puntos para determinarlo.

3.8.2.6.1 Densidad de la mezcla de Gallinaza y cascarilla

Para el cálculo de la densidad se consideró datos obtenidos en diferentes días y diferentes puntos dentro de los galpones de la empresa GAMAFI, tomando un balde con un peso de 5.5 kg y con una muestra de la mezcla de gallinaza y cascarilla obtenida la cual se colocó en el recipiente este proceso se lo realizó por varios días.

Tabla 23-3: Determinación de la densidad de la mezcla de gallinaza y cascarilla

Días	Peso del balde	Peso del balde + muestra	Peso de la muestra
1	5.5	55.09	49.59

Continúa

2	5.5	55.50	50
3	5.5	55.15	49.65
4	5.5	55.31	49.81
5	5.5	55.41	49.91
6	5.5	55.25	49.75
7	5.5	55.37	49.87
8	5.5	55.83	49.33

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Con estos datos se realiza el peso promedio de las muestras tomadas:

Ecuación 1 Promedio de peso de materia prima:

$$Promedio = \frac{P1 + P2 + P3 + P4 + P5 + P6 + P7 + P8}{8}$$

$$Promedio = \frac{397.91}{8}$$

$$Promedio = 49.73 \text{ kg}$$

Se divide el peso del promedio para el volumen del balde usado.

Ecuación 2 Densidad de la muestra:

$$Densidad = \frac{masa}{volumen}$$

$$Densidad = \frac{49.73 \text{ kg}}{0.2m^3}$$

$$Densidad = 248.65 \frac{kg}{m^3}$$

3.8.2.6.2 Cálculo del diseño de la pila de compostaje

Con el cálculo de la densidad de la mezcla de gallinaza y cascarilla de arroz, tenemos un dato muy importante para diseñar el tamaño de las pilas de compostaje.

Para lo cual la empresa GAMAFI se dispone inicialmente a procesar 3600 kg de residuos sólidos generados de manera bimensual de sus actividades donde la densidad es de 248.65 kg/m³ dando un valor del volumen de 14.47 m³ este valor cumple con los requisitos establecidos en el diseño de pilas de compostaje siendo el valor mínimo de 1 m³

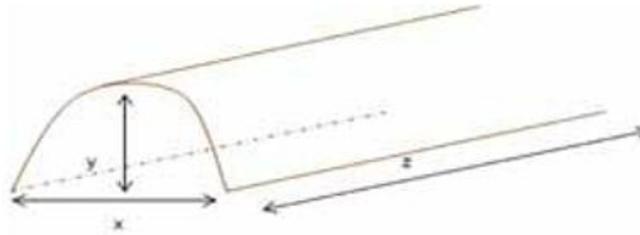


Figura 3-3: Diseño de una pila de compostaje

Realizado por: RAMON, y otros. 2013.

Ecuación 3: Volumen de una pila

$$\mathbf{Volumen = X * Y * Z}$$

Para este cálculo se utilizara la fórmula de un paralelepípedo con el fin de obtener un valor aproximado que dependiendo de las necesidades presentadas pueden ser modificadas o adaptadas. Con esta fórmula podemos obtener el valor del largo de la pila.

Ecuación 4: Largo de la pila.

$$\mathbf{Z = \frac{Volumen}{X * Y}}$$

Para este proyecto se necesitan dos pilas para la cual se divide el volumen previamente calculado para dos teniendo como valor de volumen para la Ecuación 4 la cantidad de 7,24 m³, sustituyendo cada uno de los valores en la ecuación y a su vez tomando en cuenta las consideraciones de los valores de ancho y altura de 1,5 metros se obtiene el valor del largo necesario para las pilas de compostaje.

$$\mathbf{Z = \frac{7.24m^3}{1.5 m * 1.5 m}}$$

$$\mathbf{Z = 3,21 m}$$

Nuestras pilas tendrán un largo de 3.21 metros para el proceso de compostaje, si se requiere de disminuir el valor del largo de la pila se divide el valor del volumen aproximado para 3 pilas

teniendo un valor 4.82 m^3 aplicando nuevamente la ecuación 4 se tiene un largo de la pila de 2.14 m, este es nuestro valor para 3 pilas que serán compostada.

3.8.2.6.3 Sistemas tecnológicos para compostaje.

Para un proceso de compostaje existe una gran variedad de sistemas tecnológicos, dependiendo del proceso selecciona existen los siguientes tipos de sistemas:

Tabla 24-3: Sistemas tecnológicos para compostaje

Sistemas tecnológicos según la disposición del material	<p>Sistemas estáticos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilas • Trincheras • Reactores de túnel <p>Sistemas dinámicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pilas • Canales de volteo periódico
Sistemas tecnológicos según los equipos de volteo	<ul style="list-style-type: none"> • Reactores de tipo cilíndrico • Pilas extendidas • Canales
Sistemas tecnológicos según tipo de aireación	<ul style="list-style-type: none"> • Aireación continua • Aireación alterna
Sistemas tecnológicos según la ubicación del material	<ul style="list-style-type: none"> • Sin protección para la lluvia • Con cubierta para la lluvia

Fuente: (Cataluña, 2016)

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

3.8.2.7 Etapa de Maduración del compost.

La etapa de maduración es la etapa final del proceso de compostaje, en donde nuestro compost ya se encuentra estable y con características similares a la de un suelo, en esta etapa se puede dar la presencia aun de la descomposición de la materia orgánica, temperatura en nuestro proceso tiende a disminuir hasta llegar a la temperatura ambiente cuando ocurre esto nos indica que el proceso de compostaje tiene fin.

En esta etapa la actividad microbiana es menor que las etapas anteriores por lo tanto el monitoreo del proceso es menor pero se debe vigilar para evitar en este proceso la presencia de temperaturas elevadas, que pueden ralentizar la actividad de los microorganismos, para evitar elevación de temperatura se debe tener aireación constante acompañado de un volteo de las pilas de manera conveniente.

Otro problema que se pueda presentar en la etapa de maduración es la falta de humedad, al no existir la humedad necesaria este beneficia al aumento de la temperatura lo cual puede llegar a matar a los microorganismos, si la humedad no se controla la materia orgánica producen compost con características menos consistentes de lo requerido.

Sistemas tecnológicos para la etapa de maduración del compost

Por lo general en la mayoría de los procesos de maduración se utilizan los mismos sistemas tecnológicos que en el proceso de descomposición, se debe de tener en cuenta que en esta etapa el control no es tan riguroso como en las etapas iniciales del proceso, por lo tanto se puede emplear alternativas más simples entre ellas es el uso de pilas comunes de compostaje, las que no afectan en la etapa de maduración, se recomienda seguir indicaciones del uso de equipos que son de gran ayuda:

- a. Tener un sistema de pilas que ocupen adecuadamente la mayor parte de la superficie de la zona donde se realiza la etapa de maduración.
- b. Los materiales que se están compostando deben tener el tamaño indicado para que se realice una aireación en el proceso con mayor eficiencia.
- c. Si durante el proceso no se llega a tener un nivel de oxígeno adecuado se recomienda aplicar sistemas sencillos de aireación para a su vez poder controlar la temperatura.



Figura 4-3 Etapa de Maduración

Realizado: RAMON, y otros. 2013

3.8.2.8 Etapa de Postratamiento de un compost

Esta etapa puede ser adicional o no al proceso de compostaje, la aplicación de esta etapa depende mucho de los siguientes aspectos que puede llegar a tener el compost:

- Cuando se requiere separar materiales que son ajenos al compost obtenido y que no han sido eliminados en los procesos anteriores.
- Cuando el compost obtenido no cumple con la presentación deseada de producto final.
- Cuando en el proceso se requiera recuperar materia prima que se encuentre en el compost y aun se pueda procesar.
- Cuando se requiere que el compost obtenido cumpla con ciertas características para la venta, entre ellas una de las más importantes es la granulometría, y la mezcla de varios tipos de compost con otros abonos, arenas, tierras etc.
- Cuando se utilizan impurezas o materiales extraños nuevamente en el proceso con el fin de optimizar los recursos y el proceso.

Características del compost obtenido.

Tabla 25-3: Características del compost

Tipo de producto	Componentes esenciales	Evaluación de nutrientes y otros requisitos
Compost /Material orgánico	<ul style="list-style-type: none"> • Producto Higienizado • Estabilizado por descomposición biológica aeróbica en condiciones controladas, de materiales orgánicos biodegradables recogidos separadamente. 	<ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica total: 35% • Humedad máxima: 40% • Relación C/N: < 20 • Sin presencia de impurezas • 90% del compost debe pasar por una luz de malla de 25mm
Compost vegetal/ Enmienda orgánica	<ul style="list-style-type: none"> • Producto higienizado. • Estabilizado por descomposición biológica aeróbica, de manera exclusiva de hierbas, hojas y restos de vegetales y poda, bajo condiciones controladas 	<ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica total: 40% • Humedad máxima: 40% • Relación C/N: < 15 • Sin presencia de impurezas
Compost estiércol/Enmienda orgánica	<ul style="list-style-type: none"> • Producto higienizado. • Estabilizado por descomposición biológica aeróbica, de manera exclusiva en estiércol, bajo condiciones controladas 	<ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica total: 35% • Humedad máxima: 40% • Relación C/N: < 20 • Sin presencia de impurezas

Fuente: (Cataluña, 2016)

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Dependiendo del tipo de material usado para el compostaje se pueden aplicar diferentes acciones para mejorar las características del producto final entre ellas se tienen:

- Recuperación de materia prima por acción de cribado o tamizado.
- Eliminación de impurezas por acción de cribado o tamizado.
- Aplicación de recirculación para preparación de material recuperado.
- Creación de diferentes mezclas a comercializar dependiendo de los requerimientos del usuario.
- Determinación de las dimensiones y tamaño de partículas por acción de cribado con diferentes medidas de luz de malla.

De la misma manera en el proceso de Postratamiento aún se puede tener como resultado materia prima que puede volver a ser tratada o almacenada según las condiciones de estos materiales:

- No cumplen con las condiciones necesarias para su venta.
- Forma parte del material que se usa en el proceso de recirculación.
- Es material que se recupera con el fin de utilizar nuevamente en el proceso.
- Es material que se considera como rechazo.
- Tiene granulometría diferente en la etapa final.
- Presencia de fertilizantes obtenidos al utilizar materiales ajenos, que no pueden ser almacenados y deben ser llevados a su destino final.
- Material considerado como rechazo debe ser depositado fuera de las instalaciones de la planta de producción, deben ser almacenados en contenedores para ser transportados sin problemas.

3.8.2.9 Cribado o Tamizado

Es una de las operaciones más importantes dentro de un proceso de compostaje ya que ayuda a reducir el tamaño de peso de la muestra inicial en un 10% hasta 15% ayudando a eliminar los materiales impropios, en este caso en el proyecto se aplicara el método de Takakura en este método se puede llegar a omitir este proceso ya que al utilizar materia orgánica con dimensiones pequeña ayuda a tener un producto final con una granulometría apropiada a un abono orgánico comercial, pero se debe tener en cuenta que si se requiere la aplicación del cribado en el método de Takakura para la eliminación de algún tipo de material no deseado se debe realizar.

Para este proceso dependiendo del diseño industrial aplicado existen distintos tipos de cribas con características propias por ejemplo:

Tabla 26 – 3: Tipos y Características de cribados.

Tipos de Cribas	<ul style="list-style-type: none">• Estáticas• Inclinas• Rotativas• Vibrantes• Tipo estrella
Características de las cribas	<ul style="list-style-type: none">• Volumen a tratar.• Facilidad de cambiar la luz de malla dependiendo de la necesidad del proceso.
	<ul style="list-style-type: none">• Facilidad de limpieza del equipo• Facilidad de acoplar otros sistemas o equipos adicionales en el proceso.

Fuente: Manual de compostaje Takakura

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

3.8.2.10 Equipos de separación de sustancias impropias al proceso de compostaje

En el proceso de compostaje se debe utilizar algunos equipos que ayudaran a la separación de sustancias o material inadecuado que en ocasiones dependiendo del método tienden a manifestarse al final del proceso de compostaje, para seleccionar que equipos son necesario para ayudar a la separación del material inadecuado se debe considerar aspectos como:

- Tamaño de las partículas del compost final
- Humedad del compost final
- Densidad del compost final
- Superficie donde ser realizo el compostaje

Una vez identificado los aspectos nombrados anteriormente se debe seleccionar los equipos sin olvidar la capacidad que se destina al proceso, así como el volumen; siendo este una característica principal, se recomienda optimizar el proceso considerando el tratamiento de materiales que se usan en el proceso, considerando la humedad, facilidad de separación del producto final y su transporte fácil en los equipos o dispositivos que se encuentren en el proceso del compostaje.

3.8.2.11 Equipos de recirculación en el proceso de compostaje.

La adaptación de un dispositivo o equipo de recirculación en el proceso de compostaje se debe tener a consideración tomar en cuenta los siguientes procesos para el acondicionamiento de recirculación en el proceso de compostaje:

- Mejorar la granulometría del producto final para eliminar las posibilidades de contaminación de materiales que se utilicen en el ciclo del proceso seleccionado.
- Aplicación de trituración para eliminar la presencia de los impropios.
- Utilizar materiales adecuados como por ejemplo separadores de plástico.
- Usar cribas con el fin de optimizar el proceso o se puede crear nuevas formas de usar los materiales productos del uso de cribas.

3.8.2.12 Equipos de mezcla en el proceso de compostaje

La aplicación de los equipos para mezclas depende mucho de los requerimientos finales que debe cumplir el compost obtenido, como ya se había especificado anteriormente, en estos equipos se añadirá si es necesario materiales que complementen el producto final entre ellos están los vegetales, fuentes de carbono, arena, minerales, dependiendo del producto que se quiera obtener la mezcla se la realiza tomando en consideración lo siguiente:

- Facilidad de limpieza del equipo o dispositivo de mezclado, en caso que se requiera el cambio.
- Adaptabilidad para la producción de diferentes tipos de productos con características finales diferentes.
- Capacidad de los mezcladores para cumplir con el diseño de la planta.

3.8.2.13 Equipos de envasado de producto final de compostaje

Dependiendo del volumen final del producto obtenido en el proceso de compostaje se puede aplicar diferentes equipos entre ellos están:

- Máquinas ensacadoras manuales
- Máquinas ensacadoras automáticas.
- Llenado por Granel



Figura 5-3: Máquina ensacadora automática

Fuente: Maquinarias y molinos TD. 2018.

3.8.2.14 Almacenamiento del producto final

Etapa final del proceso de compostaje en donde el producto es almacenado por un tiempo determinado después saldrán de las instalaciones con el fin de ser vendidos, el tiempo mínimo de almacenaje dentro de la planta debe ser considerado con finalidades de optimizar el proceso y generar buenos ingresos para que el proceso sea considerado sostenible y eficiente.

Para optimizar la etapa de almacenamiento es recomendable tomar en cuenta las siguientes características:

- Se debe transportar adecuadamente el producto final desde el lugar donde se realizó la fase de Postratamiento.
- Almacenar el producto final en lugares con mayor espacio donde se pueda proteger del sol y la lluvia.
- Métodos de oferta del producto final para generar ganancias.

Para el método Takakura aplicado en este proyecto se recomienda que el producto final, no debe ser llevado a Postratamiento, debe ser almacenado en el mismo lugar en donde se llevó a cabo la etapa de maduración, esto se recomienda debido a que en el proceso usamos materia prima orgánica que si es transportada a diferentes sitios podría llegar a contaminarse.

Se recomienda que el producto final dependiendo del tipo de compost final obtenido se almacene dependiendo su uso, por ejemplo los compost maduros destinados a la agricultura o jardinería deben ser almacenados por un tiempo de dos meses dentro de la planta de producción.

Los compost de tipo fresco destinados de la misma manera a la agricultura pueden ser almacenados por el tiempo de 2 semanas dentro de la planta de producción esto debido a que con el tiempo pueden existir la presencia de malos olores.

Los compost que no son destinados a un uso agrícola pueden estar en la planta de producción por dos semanas hasta que el producto sea vendido en su totalidad.

3.8.2.15 Equipo e Instalaciones complementarias en la planta de producción de compostaje.

El buen funcionamiento de las instalaciones presentes en una planta de reciclaje son importantes para que su proceso y sostenibilidad sean de calidad para ello la planta de reciclaje debe contar con instalaciones de gran importancia como:

- Edificio y oficinas de servicio.
- Báscula o pesa.
- Depósitos para recolección de lixiviado y agua pluviales de todo tipo.
- Sistemas de tratamiento de aire en el proceso.
- Sistemas para eliminación del polvo generado en el proceso.
- Zona delimitada de seguridad.
- Sitios de almacenaje de combustibles.
- Equipos de desinfección del personal de trabajo, camiones, equipos, maquinaria e instalaciones.
- Sistemas de prevención de incendios.

En la planta de compostaje el sistema de delimitación se debe realizar con el uso de vallas en todos los lugares dentro de la planta que se necesitaran incluyendo los lugares donde se almacenan los residuos y productos generados, los cuales dependiendo de sus características se crearan los espacios delimitados usando vallas con una altura mínima de 2 metros.

3.8.2.16 Depósitos de recolección de lixiviados y agua pluviales

Los lixiviados son los líquidos que se producen durante el proceso de compostaje, debido a la alta degradabilidad de los materiales usados para el proceso de compost, estos líquidos pueden producirse en el inicio como en la recepción de la materia prima, en el almacenamiento, en las diferentes etapas donde se realizan las mezclas, en la etapa de descomposición de la materia orgánica, en la fase de maduración de las pilas, si las pilas se encuentran al aire libre y caen precipitaciones los líquidos producto de esto se consideran lixiviados, así como los líquidos que se producen en los siguientes puntos:

1. Puntos de almacenamiento temporal de materiales resultados de cribado y que van a usar en recirculado.
2. Lugares de descarga de materia de baja o alta degradabilidad.
3. Lugares de premezclas
4. Puntos de mezclas homogeneizadas.
5. Puntos destinados para la fase de maduración
6. Puntos destinados para la fase de descomposición.

Los lixiviados deben ser almacenados de diferentes formas para poder ser usados en otros procesos como:

- Utilización en la fase de descomposición como riego antes de esta ingrese a la etapa termófila o de higienización final.
- Eliminar los lixiviados con equipos propios del diseño de la planta de compostaje.
- Transportar los lixiviados fuera de la planta de reciclaje donde puedan ser tratados bajo los permisos de entidades correspondientes.
- Recolectar las aguas con las que se lavan camiones y agua sanitarias de las instalaciones de la empresa, las cuales son consideradas también como lixiviados.

3.8.2.16.1 Gestión de aguas pluviales sucias

El origen de estas aguas se da en los lugares donde no existe el techado o cubierta, esta aguas se identifican en la etapa de Postratamiento en contacto con el aire libre, son también consideradas agua pluviales sucias las que recogen en los puntos de recepción de materia prima y en los puntos de aplicación de la operación e trituración de materiales que contienen fracciones vegetales.

En las fases de descomposición, maduración y Postratamiento las aguas producidas en estas fases y que no se hayan mezclado con residuos con baja o alta degradabilidad ni con compuestos con contenido nitrogenado son considerados aguas pluviales sucias.

Las características de estas aguas deben ser tratadas al igual que los lixiviados, con la diferencia de que si se recogen de manera separada, pueden ser usados en otros procesos:

- Para descomposición o maduración antes de la fase termófila.
- Utilizarlo como un biofiltro ya que no tiene malos olores.

En caso de que las aguas pluviales sucias no puedan ser utilizadas nuevamente se debe realizar los siguientes procesos:

- Se debe transportar a otras instalaciones con las características necesarias para ser contenidas o procesadas.
- Utilizar exclusivamente en el riego de suelos agrícolas.

3.8.2.16.2 Gestión de aguas pluviales limpias.

Estas aguas pluviales son aquellas originan en los lugares donde no se tiene contacto con las etapas del compostaje, ni con los lugares por donde la materia prima es transportada.

Para la gestión de estas aguas es recomendable depositarla en ríos o vertientes públicas ya que no tienen ni presentan riesgo de contaminación, al no estar en contacto directo con ninguna de las fases como ya se lo explico anteriormente. También se recomienda utilizarlas como regulador de humedad en la fase de maduración cuando el proceso lo requiera, o guardar dichas aguas para usarla en casos de emergencias como incendios u otros.

3.8.2.17 Criterios de dimensionamiento para depósitos de lixiviados y aguas pluviales.

3.8.2.17.1 Depósitos para lixiviados

Los depósitos deben ser capaz de tener los tipos de lixiviados:

1. Todos los líquidos que son producidos en el proceso de compostaje, exclusivamente aquellos que se forman en las fases de maduración y descomposición, que tienen un alto porcentaje de la alta cantidad de los materiales.
2. Los lixiviados que se producen en las zonas donde se realizan los procesos al aire libre:
 - Fase de maduración, fase de descomposición, fase de mezcla, fase de premezcla, fase de descarga.
 - Almacenamiento para materia de alta y baja degradabilidad.
 - Lixiviados producidos en las vías que están en contactos con los materiales transportados para uso en diferentes etapas de compostaje.
 - Lixiviados formados en los procesos de percolación de biofiltros.

3.8.2.17.2 Depósitos para aguas pluviales limpias.

Al ser aguas que no tienen contacto con ningún proceso y están libre de contaminación estas pueden ser almacenadas de la siguiente manera:

- Si se requiere regar algún punto del proceso en el que no se use agua sucias o lixiviados
- Para humedecer los biofiltros.
- Para regar las zonas verdes de las instalaciones de la planta
- Para almacenarlas en caso de incendios.

3.8.3 *Cálculos del proceso de compostaje*

3.8.3.1 *Cálculo total del compost obtenido.*

Para realizar el balance de masa correspondiente en un proceso de compostaje se deben de considerar las siguientes fases:

En el inicio de todo proceso se debe realizar un triturado pero en el caso del método de Takakura el tamaños de las partículas es un requisito a considerar y la gallinaza junto con la cascarilla de arroz cumple con este requisito, por lo tanto la aplicación de este proceso no es necesario por lo que no se perderá ni peso ni volumen del material y realizar un balance de masa en este punto no es necesario.

En los procesos de la degradación en donde la pérdida de agua y materia orgánica es evidente se tiene una disminución de 30 a 40% del peso inicial de la materia de esta manera si como peso inicial en el proceso tenemos 3600 kg, al final de esta fase se tendrá un peso de 1260 kg de material resultante en esta fase.

El proceso final del compostaje se recomienda aplicar un cribado para separar material impropio del proceso o material que puede ser usado en la recirculación, o para tener un compostaje con características finales de granulometría para su venta. Aquí se considera una pérdida del 10% del compostaje final teniendo como resultado lo siguiente:

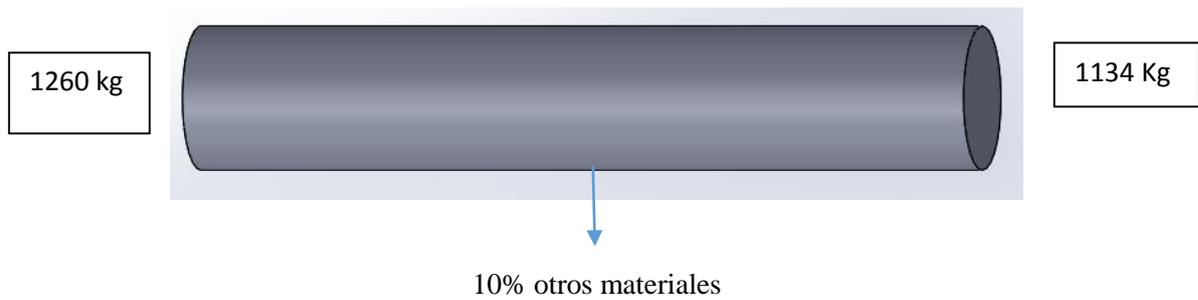


Figura 6-3 Cálculo de la masa total del compost obtenido

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

Obteniendo como producto final 1134 kg de compost obtenido a base de gallinaza y cascarilla de arroz para ser ofertados.

3.8.3.2 *Calculo de la relación C/N de la gallinaza y cascarilla*

Con ayuda de la ecuación de Walker y Black se puede calcular la relación en % de Carbono que contiene la materia orgánica total. La Ecuación es la siguiente:

Ecuación 5: Cálculo de la relación C/N de la gallinaza y Cascarilla

$$\% \text{ de materia orgánica} = \% \text{ de Carbono orgánico} \times 1.724$$

Despejando el valor de % de carbono orgánico tenemos la siguiente ecuación:

Ecuación 6: Cálculo de porcentaje de carbono

$$\%C = \frac{\% \text{ de materia orgánica}}{1.724}$$

$$\%C = \frac{92.35}{1.724}$$

$$\%C = 53.57$$

$$\% N = 1.90$$

$$\frac{C}{N} = 28.19$$

3.8.3.3 Cálculo de la relación de C/N del compost obtenido.

Para el cálculo de este % de relación se utiliza el mismo proceso explicado anteriormente utilizando la fórmula de Walker y Black.

$$\% \text{ de materia orgánica} = \% \text{ de Carbono orgánico} \times 1.724$$

$$\%C = \frac{\% \text{ de materia orgánica}}{1.724}$$

$$\%C = \frac{15.19}{1.724}$$

$$\%C = 5.91$$

$$\%N = 0.64$$

$$\frac{C}{N} = 9.23$$

El Instituto nacional de normalización INN de Chile, para compostajes según la norma NCh 2880 el contenido de relación carbono nitrógeno permite clasificar los siguientes tipos de compost.

- a. Para el compost clase A, se debe tener una relación C/N entre 10 y 25. Estos son productos de alta calidad que cumplen con las exigencias establecidos en esta norma, este producto no presenta restricciones de uso, puede ser aplicado a macetas directamente y sin necesidad de que sean mezclados con otros materiales previamente.
- b. Para el compost clase B, la relación C/N debe ser entre 10 y 40. Estos son productos de nivel intermedio en calidad que cumplen con las exigencias establecidas en esta norma, este producto presenta algunas restricciones de uso. Para ser aplicado en macetas debe mezclarse previamente con otros elementos adecuados.
- c. Para compost inmaduro una relación C/N máximo de 50. Esta es materia orgánica que ha pasado por la etapa mesofílica y termofílica del proceso, donde ha sufrido una descomposición inicial, pero no ha alcanzado las etapas de enfriamiento y maduración necesarias para obtener un compost clase A o B. Es un producto que debe ser mezclado para ser aplicado y no generar hambre de nitrógeno a los cultivos.

También utilizando las normas calidad según la norma de calidad PAS 100 de la British Standard Institution (BSI, 2005). Podemos clasificar a nuestro compost obtenido dependiendo de su uso y sus correspondientes especificaciones esta información se encuentra en el anexo C.

3.8.3.4 Cálculo de Índice de germinación

El cálculo se realiza mediante el uso de la siguiente Ecuación:

Ecuación 7 Porcentaje de Índice de Germinación

$$\%IG = \frac{\% \text{ de germinación} * \% \text{ de crecimiento de las raíces}}{100}$$

Ecuación 8 Porcentaje de Germinación

$$\%germinación = \frac{\# \text{ de semillas germinadas con el extracto}}{\# \text{ de semillas germinadas con agua destilada}} * 100$$

$$\%germinación = \frac{52}{58} * 100$$

$$\%germinación = 89.65\%$$

Ecuación 9 Porcentaje de Crecimiento de las raíces

$$\% \text{ de crecimiento de las raíces} = \frac{\text{Longitud prom. las raíz con el extracto de compost}}{\text{Longitud prom. de la raíz con agua destilada}} * 100$$

$$\% \text{ de crecimiento de las raíces} = \frac{5.58}{7.72} * 100$$

$$\% \text{ de crecimiento de las raíces} = 72.27$$

$$\%IG = \frac{89.65 * 72.27}{100}$$

$$\%IG = 64.81$$

3.8.4 Propuesta para la aplicación y uso de compost obtenido en la empresa Gamafi

Una vez terminado el proceso y obtenido el compost a través de la descomposición de los residuos orgánicos producidos en las actividades de la empresa GAMAFI, y luego de haber realizado su respectiva caracterización físico química se determinó la presencia de compuestos químicos y biológicos importantes en la fertilización del suelo, e incluso al ser comparado con la Norma NCh2880.c2003 del Instituto Nacional de Normalización Chilena y las Normas de Calidad PAS 100 de la British Standard Institution (BSI, 2015), en la que el abono obtenido se actúa como mejorador del suelo.

Considerando en cuenta la presencia de los agricultores en el Parroquia Las Villegas y Monterrey del cantón La Concordia en donde sus cultivos están dedicados a la producción de cacao, y la ubicación de la empresa GAMAFI está cercana a estas dos parroquias el compost obtenida estará enfocado para los cultivos de cacao.

Las características del compost obtenido están enfocadas a mejorar y nutrir el suelo. Ya que el compost ayudara a la porosidad del suelo, buena retención de humedad y drenaje.

3.8.5 *Requerimientos y establecimientos para cultivos de cacao asignados por la INIFAP*

- Precipitaciones entre: 1200 a 3000 mm al año
- Temperatura: 23 a 28°C
- Altitud: 1200 msnm mínimo 300 a 400 msnm
- Humedad: 20 a 80%
- Viento: libre de vientos fuertes.
- Luminosidad: 40 a 50% Cultivo en formación y 60 a 75% en plantación adulta.
- Suelo Propiedades Físicas:
 1. Profundidad 0.8 a 1.5 metros
 2. Textura: Franco, franco arcillo, franco arenoso. 30 a 40% de arcilla, 50% de arena, 10 a 20% limo.
 3. Porosidad: 10 a 66%
 4. Buena retención de humedad
 5. Buen drenaje.
- Suelo Propiedades Químicas
 1. pH: 6 a 7
 2. Materia Orgánica: 3%
 3. Relación C/N: mínimo de 9

CAPITULO IV

4. RESULTADOS

4.1 Validación de resultados finales del proceso de compostaje

Tabla 1-4: Resultado del proceso de compostaje Takakura

Parámetro	Valor inicial	Valor Final	Valor en la Normativa
Materia Prima	3600 kg	1134 kg	Este parámetro es empleado por empresa
Índice de germinación	0 cm tamaño de raíz	5.58 cm tamaño de raíz	Indica que el uso de extracto beneficia
Relación C/N	28.19	9.23	Según la norma NCh2880 debe tener de 10 a 50
Materia Orgánica	85.35 %	16.04 %	Según la norma NCh2880 debe tener 25 % de contenido de materia orgánica.
Nitrógeno Total	1.90 %	0.8 %	Según la norma NCh2880 debe tener valores > o iguales a 0.8 %

Fuente: GAMAFI

Realizado por: Mendoza, Jose, 2019

Cada uno de estos parámetros fueron tomados en la materia prima al inicio del compostaje como al final del mismo, los cuales en teoría cumplen con los estándares establecidos con la norma utilizada para este proceso industrial. A su vez la aplicación en semillas aplicando el método de índice de germinación. En la siguiente tabla se detallan los resultados.

Tabla 2-4 Índice de germinación

Parámetro	Valor	Unidad
Semillas germinadas con extracto acuoso	52	Semillas
Semillas germinadas con agua destilada	58	Semillas

Continúa

Continúa

% de Germinación	89.65	%
% de crecimiento de raíces	72.27	%
% Índice de germinación	64.81	%
Promedio de crecimiento de raíces con extracto acuoso	5.58	Cm
Promedio de crecimiento de raíces con agua destilada	7.72	Cm

Fuente: GAMAFI

Realizado por: Mendoza, Jose, 2019

4.2 Proceso de producción

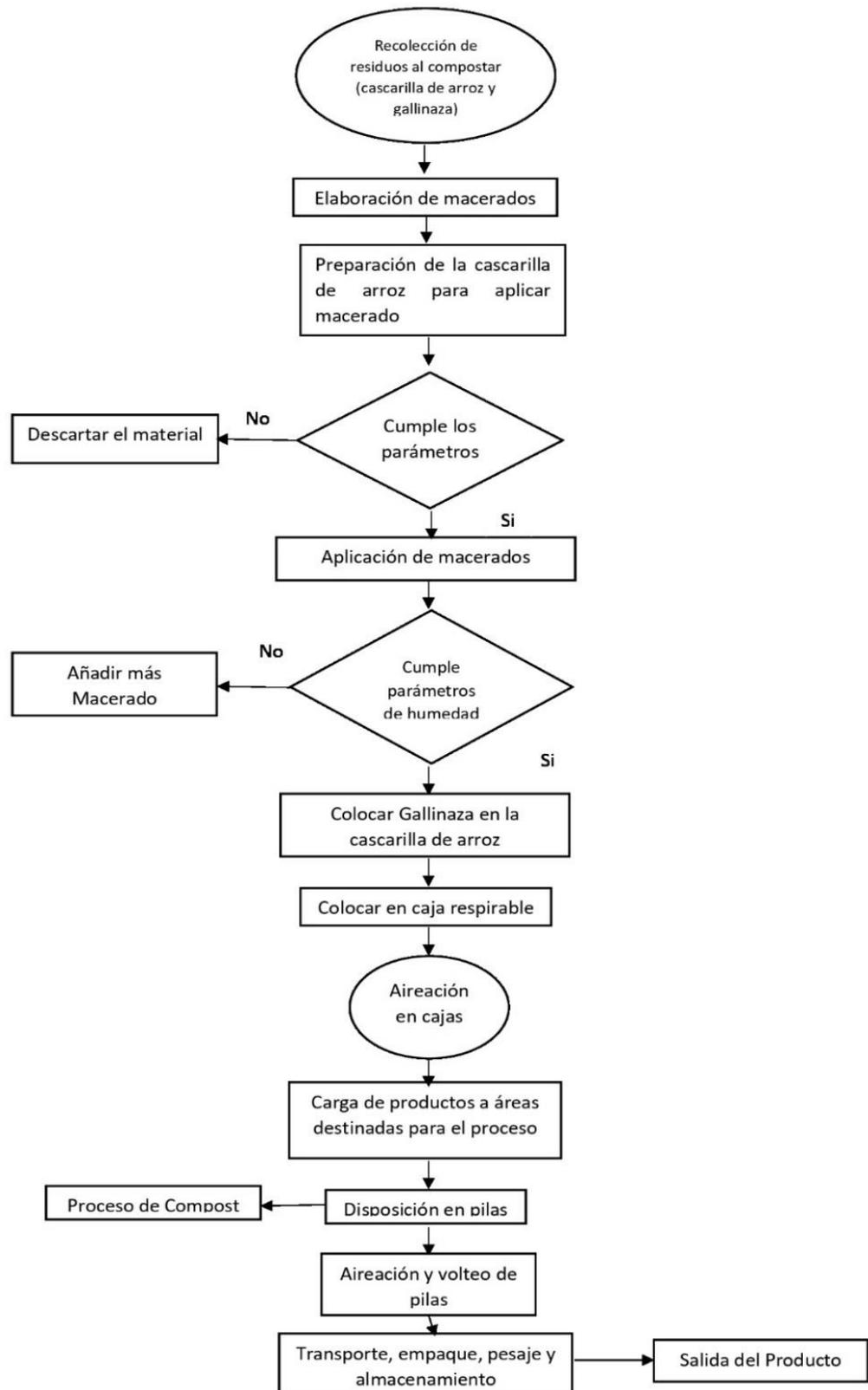


Figura 1-4 Proceso de producción

Realizado por: Mendoza Jose. 2019

4.3 Requerimientos Tecnológicos, equipos y maquinarias para el proceso.

El proceso seleccionado para la empresa GAMAFI después de varios análisis con respecto a los residuos sólidos que genera esta empresa, se llegó a la conclusión que un método tradicional de compostaje sería una implementación que no daría resultados rápidos siendo una gran inversión.

Razón por la que se seleccionó un método poco conocido en el país pero que los residuos sólidos generados en GAMAFI cumplen con todas las características para este método de compostaje llamado "TAKAKURA".

El método de compostaje de TAKAKURA es aplicado a residuos sólidos de tamaño pequeño, por lo tanto a la empresa GAMAFI le conviene aplicar este método que le ahorraría la aplicación de otros procesos como: selección, reducción de tamaño y tamizado, para los cuales se necesitaría de la compra de equipos que realizan estos procesos.

Tomando en consideración que GAMAFI es una empresa ya constituida, y que al realizar manejo de desechos sólidos dentro de sus instalaciones, ya cuenta con equipos para realizar los diversos trabajos, algunos de ellos pueden ser utilizados provisionalmente en la proceso de procesamiento de compost.

Tabla 3-4: Equipo propiedad de GAMAFI

Equipo	Descripción
Mini cargadora SR220	GAMAFI cuenta con una cargadora frontal que utiliza para la remoción de los residuos sólidos en el galpón después de cada producción averío.
Carretilla	Actualmente se dispone de carretillas para trabajos de traslado de residuos sólidos.
Palas	Se dispone de palas que ayudan a poner los residuos sólidos en la carretillas para después ser almacenados en sacos y ubicarlos en un lugar estratégicos.

Fuente: GAMAFI

Realizado por: Mendoza, Jose, 2019

4.3.1 Maquinaria y equipos necesarios para el proceso de compost seleccionado en la Empresa GAMAFI.

Para el proceso industrial seleccionado en la empresa GAMAFI se requiere de la adquisición de cierta maquinaria y equipo que ayudara a la producción del compost. A continuación se detallan los equipos.

4.3.1.1 Recipientes de agua.

Estos recipientes nos ayudaran a poder realizar nuestras maceraciones de dulce y sal requeridas para el método de Takakura que ayuda a hacer crecer nuestros organismos con mayor velocidad. A continuación se detalla las características de los recipientes:

Material: Propileno

Capacidad: 20 L



Figura 2-4: Recipientes de agua

Fuente: <https://articulo.mercadolibre.com.ec>. 2018.

4.3.1.2 Canastas metálicas.

Las canastas metálicas ayudaran a mantener nuestra semilla del método Takakura y así poder mantenerla durante el proceso de producción al ser una canasta metálica con mallas permite a nuestros organismos respirar, permitiendo una acción aerobia.

Detalles del equipo:

- Material: Varilla de acero sincado
- Carga máxima: 800Kg



Figura 3-4: Canastas metálicas

Fuente: <http://www.mitasalogistics.com/canastas-metalicas>. 2018.

4.3.1.3 Mini cargadora SR220.

Esta maquinaria nos ayudara a transportar de los materiales en el interior de la planta, y a su vez permite la recolección de los desechos sólidos que produce GAMAFI y al volteo de las pilas permitiendo de esta manera la aireación de estas.

- Motor: Case 432 T/M3
- Capacidad: 860 kg
- Motor de arranque: 40 Kw



Figura 4-4 Mini cargadora SR220

Fuente: <http://case-ecuador.com.ec/project/minicargadoras/>. 2018.

4.3.1.4 Balanza electrónica de piso.

Ayudaran a medir el peso exacto de cada saco de compost obtenido después de haber terminado el proceso.

- Descripción del producto
- Capacidad: 30-500Kg
- Aluminio resistente Plataforma moldeada
- Tamaño de la plataforma: 45x60cm
- OIML / CELDA L6E
- Durable 304 # PLATO y TUBO de acero inoxidable
- A batería recargable
- Cero / Tara
- kg seleccionables y libras
- Con el interfaz RS232
- Función de acumulación
- Ahorro de energía
- LCD opcional, doble pantalla, inalámbrica



Figura 5-4 Balanza electrónica de piso.

Fuente: <http://www.electronicacasio.com.ec>. 2018

4.3.1.5 Máquina para coser sacos.

Ayuda al cierre de los sacos que contendrán el compost obtenido una vez se haya definido el peso que se pondrá en cada saco.

Características de Equipo.

- Marca: Orient Brand

- Autolubricante
- Motor bobina de cobre
- Potencia: 90 Watts
- Voltaje: 110 50-60Hz
- Peso: 4,5kg
- Dimensiones: 27.5 x 37 x 30.5 cm
- Velocidad de cosido: 1700rpm
- Largo de puntada: 7,2mm
- Tipo de aguja: D5
- Mango ortopédico de nylon reforzado
- Engrase por bomba manual
- Corte automático del hilo



Figura 6-4 Máquina para coser sacos

Fuente: <https://www.logismarket.es/venta-productos/maquinaria>. 2018

4.3.1.6 *Termómetro para compostaje.*

Este tipo de termómetros ayuda a una toma más precisa de temperatura de nuestro compostaje ya que su diseño ayuda a ingresar hasta el centro de la pila.

- Tamaño 400 mm Ø 50 mm.
- Rango -10 a 90°C



Figura 7-4 Termómetro para compostaje.

Fuente: <https://www.tecnylab.es>. 2018

4.3.1.7 Higómetro.

Este instrumento nos ayudara a controlar la humedad exacta en nuestro proceso de compostaje que tenemos en cada pila.

- Escala de 0 a 10 (seco – empapado).
- La zona roja (0-3), indica un nivel muy peligroso y bajo de agua.
- La verde (3-8), muestra niveles medios de humedad
- La azul (8-10) indica abundante cantidad de agua.



Figura 8-4: Higómetro

Fuente: <https://www.bitmax.es>. 2018

4.3.1.8 Carretillas de plataforma.

Las carretillas ayudan al transporte de la materia prima o de los sacos ya cosidos a su respectiva bodega.

- Material: de acero
- Estructura: de plataforma
- Carga: de uso múltiple
- Carga transportada: 300 kg (661.39 lb)



Figura 9-4 Carretilla de plataforma.

Fuente: <http://www.directindustry.es/prod/>. 2018

4.3.1.9 Pala industrial.

Las palas ayudan a la remoción y aireación de nuestra semilla para el método Takakura que están en reposo en las canastas metálicas y deben ser removidas a diario.

- Pala de Polipropileno
- Una sola pieza.
- Tamaño: 35 cm x 43 cm x 107 cm de alto.



Figura 10-4 Pala industrial

Fuente: <http://www.reactiva.com.ar/php/producto>. 2018

Una vez determinado cada una de las dimensiones de las pilas y el espacio que se requiere para cada equipo y maquinaria se diseñará el proceso de la manera adecuada sin tener inconvenientes en la distribución del espacio.

4.3.1.10 Distribución de los equipos y espacio

La empresa Gamafi tiene las siguientes dimensiones con respecto al diseño de sus dos galpones ocupando un espacio grande de ancho 12 metros y de largo 150 metros para los cual se distribuirá lo equipos y se asignara los siguientes espacios:

Tabla 4-4: Dimensiones requeridas para equipos y áreas requeridas.

Equipos y Áreas requeridas en el proceso	Dimensiones en metros (Ancho x Largo)	Tamaño de Área requerida en metro cuadrados
Recepción de materia prima	5 x 10	50
Pesaje de Camiones	3x7	6
Pretratamiento	4x4	16
Maduración	6x6	36
Postratamiento	4x4	16
Envasado del producto final	3x3	9
Equipos Auxiliares	3x3	9
Lixiviados	3x4	12
Administrativo y oficina	6x7	42
Macerados	5x5	25
Almacenaje de semilla de Takakura	3x4	12

Realizado por: MENDOZA, Jose, 2019

De esta manera se necesitara de un espacio de 233 m² en los cuales se distribuirán todas las ares de procesos requeridos para obtener un compostaje, la empresa GAMAFI tiene la disponibilidad del área destinada para este proyecto.

4.4 Análisis de costos

En este punto determinaremos cada uno de los costos de maquinarias, equipos y mano de obra que son necesarios para el proceso industrial con el diseño que se tiene seleccionado, a su vez se analizara las ganancias que el diseño de proceso seleccionado puede generar con la venta de su

abono destinado al cacao, que se realizara en sacos de 25 kg lo que facilita el transporte de producto final para su distribución y venta.

Para la realización del análisis de costos se utilizó la herramienta de software Excel dicho programa se encuentra de forma gratuita en las tres principales oficinas de la Empresa GAMAFI lo cual facilita esta operación.

4.4.1 Costos Variables.

Dentro de este parámetro se considera la MATERIA PRIMA para elaborar un saco del producto, la PRODUCCION MENSUAL, la MANO DE OBRA DIRECTA, en donde se toma en cuenta a todos los empleados que forman parte de la empresa GAMAFI, con estos dato podemos obtener COSTO VARIABLE UNITARIO, como se detalla en las siguientes tablas.

Tabla 5-4 Materia prima directa

MATERIA PRIMA DIRECTA				
RUBROS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO \$	TOTAL
Sacos	1	Unidad	0.5	0.5
Hilo para coser	0.5	Metro	0.00125	0.000625
Cascarilla de arroz	25	Kg	0.05	1.25
Solución salada	1	Litros	0.01	0.01
Solución dulce	1	Litros	0.76	0.76
SUBTOTAL				2.52\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Tabla 6-4 Producción Mensual

PRODUCCION			
DETALLE	DIARIO	DIAS TRABAJADOS	PRODUCCION MENSUAL ESPERADA
UNIDADES A PRODUCIR	100	30	3000

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Tabla 7-4 Mano de obra directa

MANO DE OBRA DIRECTA		
RUBRO	CANTIDAD	TOTAL
Galponero	2	0.2
Laboratorista	1	0.27
Secretaria	1	0.23
Contadora	1	0.23
TOTAL		0.93 \$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Tabla 8-4 Materia Prima directa Mensualizada.

MATERIA PRIMA DIRECTA MENSUALIZADA		
	CANTIDAD	TOTAL
Sacos de Compost	3000	7561.88\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Tabla 9-4 Precio Unitario Variable

COSTO VARIABLE UNITARIO (COSTO DE VENTA UNITARIO)
3.45 \$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.2 Costos Fijos.

Aquí analizaremos los puntos de MATERIA PRIMA INDIRECTA como materia prima que no es relevante en el proceso y no afecta al mismo, también los sueldos que se pagan a los trabajadores ya que sin la ayuda de ellos la empresa no funcionaría correctamente y por último se analizara otros gastos fijos que son necesarios, como se visualiza en las siguientes tablas.

Tabla 10-4 Materia prima indirecta para el proceso

MATERIA PRIMA INDIRECTA	
RUBROS	VALORES POR MES
Cartón	7
SUBTOTAL	7\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Tabla 11-4 Materia prima Indirecta sueldos

MATERIA PRIMA INDIRECTA	
RUBROS	VALOR POR MES
Galponero	600
Laboratorista	800
Secretaria	700
Contadora	700
SUBTOTAL	2800\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Tabla 12-4 Costos fijos

OTROS GASTOS FIJOS	
MANTEMINTO DE EQUIPOS	500
SERVICIOS BASICOS(INTERNET, LUZ Y AGUA)	250
PERMISO DE FUNCIONAMIENTO	120
SUMINISTROS DE OFICINA(PAPEL, ESFEROS, CARPETAS)	35
SUBTOTAL	905\$
TOTAL	3712\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.3 Costo Total.

Se analizará el costo final de producción de un saco de compost de 25 Kg una vez analizados los costos fijos y costos variables.

Tabla 13-4 Costo Total de sacos de compost

COSTO TOTAL DE SACOS DE COMPOST
4.69\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.4 Precio de venta

Tomando en cuenta una utilidad del 20% y el margen de contribución se tiene un precio de venta al público con un valor cercano al precio de un saco de compost de 25 kg en los mercados comerciales o empresas que se dedican a estas actividades, el precio es el que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 14-4 Precio de venta

PRODUCTO	COSTO TOTAL	UTILIDAD%	MARGEN DE CONTRIBUCION \$	PRECIODE VENTA
SACO DE COMPOST	4.69	20	0.94	5.63 \$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.5 Punto de Equilibrio.

El punto de equilibrio es la producción mínima mensual de sacos de compost que producir la empresa para no perder ganancias en el proceso. En este caso la cantidad de producción es la siguiente:

Tabla 15-4 Punto equilibrio

PUNTO DE EQUILIBRIO SACOS COMPOST	1706.20
-----------------------------------	---------

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.6 Maquinaria y Equipos

En un punto anterior ya se detallaron las maquinarias y equipos necesarios para la producción y la función que van a cumplir en el proceso, se debe considerar el valor de adquisición de cada uno de ellos lo cual esta detallado a continuación.

Tabla 16-4 Maquinaria y equipos

MAQUINARIA Y EQUIPOS	VALOR
AREA DE PRODUCCION	
Botella de plástico de 20 Litros	12
Canasta metálicas de 800 kg	93
Mini cargador SR220 (segunda mano)	8500
Balanza electrónica de piso	122.99
Máquina para coser sacos	120
Hilo para coser sacos	1.45
Termómetro para compostaje	45
Higómetro	20
Carretilla de plataforma	89.99
Pala Industrial	15
AREA DE VENTAS	
COMPUTADORA	750
IMPRESORA	150
AREA DE ADMINISTRATIVA	
COMPUTADORA	750
IMPRESORA	150
TOTAL	10819.43\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.7 Mantenimiento y Seguros

Es de gran importancia que las maquinarias y equipos para mejor durabilidad deben tener un seguro por parte de las marcas donde se adquieren estos instrumentos y a su vez la empresa debe darle un mantenimiento ya sea mensual o anual dependiendo de la decisión de los encargados de producción. El porcentaje de mantenimiento es de 5% y los seguros de 3%.

Tabla 17-4 Mantenimiento y seguros

EQUIPOS Y MAQUINARIA	VALOR	MANTENIMIENTO 5%	SEGURO 3%
Mini Cargadora	8500	425	255
Computadoras	750	37.5	22.5
Balanza Eléctrica de suelo	122.99	6.15	3.69
Máquina para coser sacos	120	6	3.6
Impresora	150	7.5	4.5
TOTAL	9250\$	482.15\$	289.29\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.8 Muebles y enseres

Los muebles y enseres son de ayuda para el desenvolvimiento de las actividades de los trabajadores entre ellos tenemos los siguientes valores:

Tabla 18-4 Muebles y enseres

AREA DE PRODUCCION	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Botellones 20 litros	4	6	24
Canastas Metálicas	2	93	186
Cartones	4	0.25	1
SUBTOTAL			211\$
AREA ADMINISTRATIVA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Escritorio	1	90	90
Sillas	1	34	34
Muebles	1	120	120
SUBTOTAL			244\$

Continúa

Continúa

AREA DE VENTA	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Escritorio	1	90	90
Sillas	1	34	34
Muebles	1	120	120
Anaqueles	2	90	180
SUBTOTAL			424\$
TOTAL			879\$

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

4.4.9 Depreciación

La depresión de la maquinaria y equipo tiene íntima relación con la vida útil de los mismo esta características se debe tomar en cuenta ya que a medida que los equipos y maquinarias llegan a su vida útil su rendimiento baja, y este valor es considerable para el análisis de flujo de caja.

Tabla 19-4 Depreciación

RUBRO	VIDA UTIL AÑOS	INVERSIONES	
		DEPRECIACION	VALOR
		PORCENTAJE	USD
ACTIVOS FIJOS OPERATIVOS/PRODUCCION			
Mini Cargadora	7	30	2550
Computadoras	5	20	150
Balanza Eléctrica de suelo	3	20	24.60
Máquina para coser sacos	5	20	24
Impresora	2	30	45
SUBTOTAL			2793.60\$
ACTIVOS FIJOS DE ADMINISTRACION			
COMPUTADORA	5	20	150
IMPRESORA	2	30	45
SUBTOTAL			195\$
ACTIVO FIJOS VENTAS			
COMPUTADORA	5	20	150
IMPRESORA	2	20	45
SUBTOTAL			195\$
TOTAL			3183.60\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.10 Presupuesto de ventas.

Para este proyecto el presupuesto de venta ha sido realizado para 5 años tomando en cuenta la tasa de crecimiento poblacional de Ecuador que es de 4.47, considerando el precio de venta y las unidades mensuales a producir tenemos la proyección de demanda y el presupuesto de ventas es el siguiente:

Tabla 20-4 Proyección de demanda a 5 años

PROYECCION DE DEMANDA	
AÑO 1	36000\$
AÑO 2	39290.33\$
AÑO 3	41046.61\$
AÑO 4	42881.39\$
AÑO 5	44798.19\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

Tabla 21-4 Presupuestos de ventas a 5 años

PRESUPUESTO DE VENTAS	
AÑO 0	
AÑO 1	202663.80\$
AÑO 2	221186.88\$
AÑO 3	231073.94\$
AÑO 4	241402.94\$
AÑO 5	252193.65\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.11 Presupuestos de Costos

Durante los primeros 5 años la empresa GAMAFI debe tener en cuenta el presupuesto necesario para la producción y cumplimiento de la demanda de sacos de compost para la venta al público.

Tabla 22-4: Presupuestos de costos

DETALLE/PERTIDA PRESUPUESTARIA	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
COSTOS DE PRODUCCION					
MATERIA PRIMA DIRECTA	7561.88	8081.70	8354.86	8637.25	8929.19
MANO DE OBRA DIRECTA	0.93	1.00	1.03	1.07	1.10
MANTENIMIENTO Y SEGUROS	771.44	824.47	852.34	881.15	910.93
DEPRECIACION	3183.60	3402.45	3517.45	3636.34	3759.25
IMPREVISTOS 3%	345.54	369.29	381.77	394.67	408.01
SUBTOTAL	11863.38\$	12678.90\$	13107.45\$	13550.48\$	14008.48\$
GASTOS ADMINISTRATIVOS					
SUELDOS	2800	2992.48	3093.62	3198.19	3306.28792
Suministros de oficina	35	37.41	38.67	39.98	41.33
SERVICIOS BASICOS	250	267.19	276.22	285.55	295.204279
IMPUESTOS/PERMISOS DE FUNCIONAMIENTO	120	128.25	132.58	137.07	141.698054
IMPREVISTOS 3%	96.15	102.76	106.23	109.82	113.535566
SUBTOTAL	3301.15\$	3528.08\$	3647.33\$	3770.61\$	3898.05\$

Continúa

Continúa

GASTOS DE VENTAS					
CARTONES	7	7.48	7.73	8.00	8.27
IMPREVISTOS DEL 3 %	0.21	0.22	0.23	0.24	0.25
SUBTOTAL	7.21\$	7.71\$	7.97\$	8.24\$	8.51\$
COSTOS FINANCIEROS					
INTERESES BANCARIOS	97	97	97	97	97
SUBTOTAL	97\$	97\$	97\$	97\$	97\$
TOTAL	15268.74\$	16311.68\$	16859.74\$	17426.32\$	18012.05\$

Realizado por: Mendoza, Jose. 2019

4.4.12 Flujo de caja

En este punto se detalla la capacidad que tendrá la empresa en pagar las deudas durante 5 años y a la vez entender cuál serán los activos líquidos con la aplicación de este nuevo proceso productivo en la empresa.

Aquí también se dará a conocer los valores de la VAN y TIR, que son dos parámetros de viabilidad que se deben siempre considerar en todo proyecto.

Tabla 23-4 Flujo de caja

RUBROS	AÑOS					
	0	1	2	3	4	5
VENTAS NETAS		202663.80	221186.88	231073.94	241402.94	252193.65
COSTO PRODUCCION		11863.38	12678.90	13107.45	13550.48	14008.48
COSTO ADMINISTRATIVO		3301.15	3528.08	3647.33	3770.61	3898.05

Continúa

Continúa

COSTOS DE VENTAS		7.21	7.71	7.97	8.24	8.51
COSTOS FINANCIEROS		97	97	97	97	97
UTILIDAD ANTES DE REO UTILI E IMPU		187395.06	204875.20	214214.20	223976.62	234181.60
REPARTO DE 15%		28109.26	30731.28	32132.13	33596.49	35127.24
UTILIDADES ANTES DE IMPUESTOS		159285.8	174143.92	182082.07	190380.13	199054.36
IMPUESTOS A LA RENTA		120	128.25	132.58	137.07	141.70
UTILIDAD NETA		159165.8	174015.67	181949.48	190243.06	198912.66
INVERSION MAQ Y EQUI	-10819.43					
MUEBLES Y ENSERES	-879					
INVE TERRENO OBRAS FISICAS	-5000					
INVE ACTIVO REF	-2000					
VEHICULO	0					
IMPREVISTOS	-441.90					
CAPITAL DE SOCIO PRESTAMO	0					
FLUJO DE CAJA	-19140.33\$	159165.8\$	174015.67\$	181949.48\$	190243.06\$	198912.66\$

Realizado por: MENDOZA, Jose. 2019

4.5 Cronograma de Ejecución de proyecto

ACTIVIDADES	TIEMPO																																			
	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7				MES 8							
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Recopilación de información	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■				
Recolección de muestras					■	■																														
Caracterización física y química.						■	■	■																												
Preparación de los macerados		■	■	■	■	■																														
Ensayo del método seleccionado para el proceso de compostaje a nivel piloto.						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																				
Control de las variables del proceso seleccionado para el compostaje.						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																				

Continúa

CONCLUSIONES

- Aplicando un análisis físico químico de los residuos sólidos que se generan en la empresa GAMAFI realizado en tres muestras recolectadas en los galpones y analizados en los laboratorios de la misma empresa se tuvieron resultados de la composición inicial de la materia prima teniendo valores de 11,3%, cantidad de cenizas presentes de 26,4, proteína bruta de 20.7, presencia de grasa de 2.3, porcentaje de fibra bruta de 23.4%, con una presencia de 91.17 de materia orgánica y 1.90 de nitrógeno total, aplicándose cada uno de los métodos de agrocalidad establecidos por el laboratorio de control de calidad del Laboratorio de la empresa GAMAFI. Teniendo así los parámetros iniciales para el proceso de compostaje.
- Los cálculos realizados para el diseño y dimensionamiento del proceso industrial para obtener un abono orgánico destinado a la los cultivos de las parroquias cercanas a la empresa están basados en la cantidad de materia orgánica que la empresa destinara a este proceso es de 3600 kg bimensuales, la cual tiene una densidad de 248.65 kg/ m³, con lo cual se puede calcular el largo de la pila que es de 3.21 m con lo que puede hacer 3 pilas con alto y ancho de 1.5 metros. Después de considerar ciertas etapas del compostaje tenemos como resultado del balance de masa de 1134 kg, con una relación de C/N final de 9.23, considerando los cultivos de las parroquias cercanas a la empresa el abono obtenido será destinado a plantas de tamaño menor.
- Sometiendo la materia orgánica a un proceso de escala piloto del método seleccionado se obtuvo los resultados de la primera validación del compost o abono orgánico obtenido, el cual cumplió con todos los estándares de calidad propuestos en la Normas NCh2880 del Instituto Nacional de Normalización (INN), basándonos en una de las variables más importantes que ayuda en la higiene del compost que es la relación de C/N que tiene un valor de 9.23 dice que con valores de 10 a 20 de C/N tenemos un compost de clase A estos son productos de alta calidad que cumplen con las exigencias establecidos en esta norma, este producto no presenta restricciones de uso, puede ser aplicado a macetas directamente y sin necesidad de que sean mezclados con otros materiales previamente. Y para garantizar la calidad si comparamos nuestros valores con los encontrados en la INIFAP, instituto encargado de estudiar el valor nutricional de los suelos para siembra de cacao dice que un compost debe tener un valor mínimo de 9 en relación C/N para nutrir el suelo.

RECOMENDACIONES

- Para el proceso de Takakura se recomienda utilizar cascarilla de arroz seca ya que de esta manera no aportara con humedad en el proceso.
- Se recomienda realizar un análisis microbiológico al compost obtenido aunque su uso es directo al suelo, no está de más descartar la presencia de algún patógeno.
- La presencia de insectos es normal durante en la etapa Mesófila pero a medida que el proceso entre a la etapa Termófila los insectos van muriendo y ayudaran a la descomposición.
- Si se utiliza la semilla de Takakura para descomponer materia orgánica como pedazos de fruta o cascaras es recomendable que este material cumpla con los requisitos de tamaño por lo cual deberá pasar por una reducción de tamaño.
- Al momento de añadir los macerados dulce y salino a la cascarilla de arroz y si la humedad no se es la adecuada se recomienda utilizar agua de grifo o si existe cerca un rio pequeño usar dicha agua.
- No solo se debe utilizar el abono en cultivos de cacao sino también en plantas de tamaño menor.
- No se recomienda utilizar o añadir algún tipo de componente ajeno al abono obtenido ya que el mismo es clase A y la norma pide ser utilizado sin añadir nada más.
- Para la elaboración de las cajas respirables es recomendable utilizar canastas con orificios pequeños y si no se tiene presencia de cartón se puede reemplazar el mismo utilizando una tela.
- Si el olor permanece fuerte se recomienda añadir más cascarilla de arroz que ayude a la formación de más población bacteriana que ayude a descomponer el estiércol.
- Para realizar el macerado salino no se recomienda utilizar cascaras de tubérculos debido a la presencia de tierra que pueden tener.
- Evitar la presencia de malos olores en los días que se realizan los macerados ya que la presencia de los mismos es señal de se contaminaron.
- Contralar las variables de temperatura y humedad en escala industrial ayudara a un mejor proceso.

GLOSARIO.

AEROBIO: Relativo a la necesidad de oxígeno para la descomposición de la materia orgánica. (Manual de compostaje. 2015: p. 89)

ABONO: Sustancia orgánica o mineral que contiene uno o diversos elementos químicos indispensables para el crecimiento de los vegetales. (Manual de compostaje. 2015: p. 78)

ANAEROBIO: Relativo a condiciones de falta de oxígeno.

COMPOST: Producto resultante de la fermentación de sustancias orgánicas, usado para abonar la tierra. (Manual de compostaje. 2015: p. 19)

COMPOST JOVEN: Es el material que podemos extraer de la compostera al cabo de dos o tres meses. Se caracteriza por el hecho de que la materia orgánica no está del todo descompuesta, todavía falta la intervención de los gusanos para transformarla en un compost más deshecho. (Manual de compostaje. 2015: p. 35)

COMPOST MADURO: Es el material que podemos extraer de la compostera al cabo de nueve meses. La materia orgánica está totalmente descompuesta. (Manual de compostaje. 2015: p. 93)

HUMUS: Fracción de materia orgánica del suelo que ha sufrido descomposición. (Manual de compostaje. 2015: p. 59)

MATERIA ORGÁNICA: Sustancia de origen animal o vegetal que es susceptible de descomponerse. (Manual de compostaje. 2015: p. 189)

PUTREFACCIÓN: Descomposición de sustancias orgánicas muertas, con el desprendimiento de malos olores. (Manual de compostaje. 2015: p. 73)

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, Juan. *La Calidad del suelo y del compost del parque de Ichimbía en su proceso de recuperación.* [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica del Ejercito. Quito - Ecuador 2009. pp. 25-30. [Consulta el: 2016/08/19]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/1002/2/T-ESPE-023922.pdf>.

AXAYACATL, Olmo. *Proceso para el diseño industrial* [blog]. 2013. [Consulta: 18 de Abril de 2018]. Disponible en: <https://blogingenieria.com/general/proceso-diseno-industrial/>.

BARRENO, Raquel. *Compostaje de residuos orgánicos* [blog]. 2006. [Consultado el: 15 de Abril de 2018.]. Disponible: <http://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/5307/rbg1de1.pdf>. . ISBN/ISSN.

BENZING, Andrew. *Agricultura Orgánica Fundamentos para la región Andina.* México. 2001. pp. 230 - 231.

BRAVO, Daniel. *Distribución en planta Introducción al diseño de las plantas industriales, Conceptos y métodos cuantitativos para la toma de decisiones.* Colombia. 2010. pp. 15-26.

CATALUÑA. *Guía Práctica para el diseño y la explotación de las plantas de compostaje.* [blog] 2016. [Consulta: 25 de Septiembre de 2018]. Disponible en: http://residus.gencat.cat/web/.content/home/lagencia/publicacions/residus_municipals/GuiaPC_web_ES.pdf.

CÉSPEDES, C. *Caracterización Física - Química y Biológica de Enmiendas Orgánicas Aplicadas en la Producción de Cultivos* [En línea] 2008. [Consulta: 20 de Diciembre de 2017]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-27912008000300002&script=sci_abstract.

CENTRO ASIÁTICO DE KITAKYUSHU PARA LA SOCIEDAD DE BAJO CARBONO. *Manual de compostaje, Método Takakura.* [En línea] 2009. [Consultado: 20 de Diciembre de 2017]. Disponible en: https://www.jica.go.jp/kyushu/office/ku57pq000009vlmc-att/comp_kitlow.pdf.

CÓRDOVA, Carolina. *Estudio de Factibilidad técnico - económica para instalar una planta de compostaje.* [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado) Universidad de Chile. 2006. pp 78-85 [Consultado: 8 de Enero de 2018]. Disponible: http://tesis.uchile.cl/tesis/uchile/200/cordoca_c/sources/cordova_c.pdf. ISBN/ISSN.

FERNÁNDEZ, Ignacio. *Manual de Técnicas aplicadas a la remediación de sitios contaminados.* 3ra ed. México: McGraw Hill, 2006, pp. 123-130.

GÓMEZ, Juan. *Índices de calidad del suelo y compost desde la perspectiva agroecológica* [blog].2005. [Consultado: 5 de Septiembre de 2017.] disponible: http://www.bpeninsular.com/pdfs/Potencia_ISR_Sevilla.pdf.

HERNANDEZ, E. "Implementación del Método de Compostaje Takakura para el Reciclaje de Desechos en la Ciudad de Loja, Ecuador". [blog]. 2015. [Consultado: 22 de Diciembre de 2017.] Disponible en: http://www.rlc.fao.org/fileadmin/content/events/taller_tco-par-3303/compost.pdf.

INEC. *Crecimiento poblacional del Ecuador.* [En línea]. 2015. [Consultado: 17 de Octubre de 2018]. Disponible en: www.ecuadorencifras.gob.ec.

LAMAS, María. *Diseño Espacial para procesos de residuo orgánicos.* 3ra ed. Bogota : McGraw hill, 2010. pp. 125-140.

MACK, O & NORTH, Donald. *Manual de producción Avícola.* [trad.] Michael Carrol. 2da ed. México:MacGraw Hill, 1986. pp 796-800.

MARCIANI, Damián. *Manual y Técnicas de compostaje del agricultor.* 3ra ed. Paraguay: 2012. pp. 1-66.

MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA. *Porcentaje de producción de granjas avícolas en Ecuador.* [En línea].2008. [Consultado: 20 Julio del 2018]. Disponible en: <https://www.acuaculturaypesca.gob.ec/el-ministerio>.

MIREZ, Jorge. *Diseño de sistemas de control* [blog]. 2013. [Consultado: 23 de noviembre 2018]. Disponible: <https://jmirezcontrol.wordpress.com/2013/08/28/c048-diseno-de-sistemas-de-control/>.

MULLO, I. *Manejo y Procesamiento de la gallinaza.* [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2012. pp 30-55. [Consultado: 5 de Febrero de 2018.] Disponible: dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2114/1/17T1106.

NCH2880. Compost - Clasificación y Requisitos Instituto Nacional de Normalización. Parte 8: Requisitos Físicos y Químicos de abonos orgánicos.

PAZMIÑO, J. *Contaminación Ambiental por Residuos Sólidos no Tratados.* 3ra ed. México : Mc graw hill, 1981. pp. 119 - 122.

PILAR, Ramón; et al. *Manual del compostaje del agricultor.* Santiago de Chile. 2013. ISBN 978-92-5-5307844. pp. 14 - 106.

REGAU, A. *Los Abonos su preparación y Empleo.* 4a ed. Barcelona, 1994. pág. 27.

RUIZ, Dayanira & DÁVILA, Saskia. *Plan de Gestión de residuos del camal del cantón Antonio Ante.* [En línea] (Trabajo de titulación) (Pregrado). Escuela Politécnica Nacional. 2011. pp 78-85 [Consultado: 2 de febrero de 2018]. Disponible: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/373/1CD-3437.pdf>.

TORTOSA, German. *Críterio de Calidad de Composts como abonos.* [blog]. Mayo de 2013. [Consultado: 20 de Octubre de 2018]. Disponible: <http://www.compostandociencia.com/2013/05/criterio-calidad-composts-como-abonos-html/>.

VELÁSQUEZ, H. "Cartografía e información de la fertilidad de los suelos en el Ecuador".2015. [En línea] [Consultado: 13 de Diciembre de 2017]. Disponible: https://www.researchgate.net/publication/301701400_los_suelos_del_ecuador.

WILLIAMS, C. *Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo.* Mérida:McGrawHill, 2010. pp. 78-85.

ANEXO A: PREPARACIÓN DE SOLUCIONES SALINA



A



B



C

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p align="center">FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">MENDOZA JOSE</p>	PREPARACIÓN DE SOLUCION SALINA		
A. Vegetales y frutas para soluciones B. Preparación solución salada C. Solución salada más cáscaras	CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/>		LAMINA	ESCALA	FECHA
			01	1:1	20/07/2019

ANEXO B: PREPARACIÓN DE SOLUCIÓN SATURADA



A



B



C

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p align="center">FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p align="center">ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">MENDOZA JOSE</p>	<p align="center">PREPARACIÓN DE SOLUCION SALINA</p>		
<p>A. Yogurt Natural</p> <p>B. Levadura</p> <p>C. Mezcla con solución dulce</p>	<p>CERTIFICADO <input type="checkbox"/></p> <p>APROBADO <input type="checkbox"/></p> <p>POR APROBAR <input type="checkbox"/></p>				
			<p align="center">02</p>	<p align="center">1:1</p>	<p align="center">20/07/2019</p>

ANEXO C: MEZCLA DE SOLUCIONES CON CASCARILLA DE ARROZ Y GALLINAZA



A



B



C

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>MENDOZA JOSE</p>	<p>Mezcla de soluciones con Cascarilla de arroz y gallinaza</p>		
<p>A. Solución salina y dulce</p> <p>B. Adición de solución dulce a la materia prima.</p> <p>C. Adición con solución salada a la materia prima</p>	<p>CERTIFICADO <input type="checkbox"/></p> <p>APROBADO <input type="checkbox"/></p> <p>POR APROBAR <input type="checkbox"/></p>				
			03	1:1	20/07/2019

ANEXO D: CONTROL DE PARÁMETROS.



A



B



C

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA MENDOZA JOSE </p>	Control de parámetros		
A. Control de humedad B. Control de temperatura. C. Control aireación	CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/>		LAMINA	ESCALA	FECHA
			04	1:1	20/07/2019

ANEXO E: RESULTADOS DEL PROCESO EN PLANTA PILOTO



A



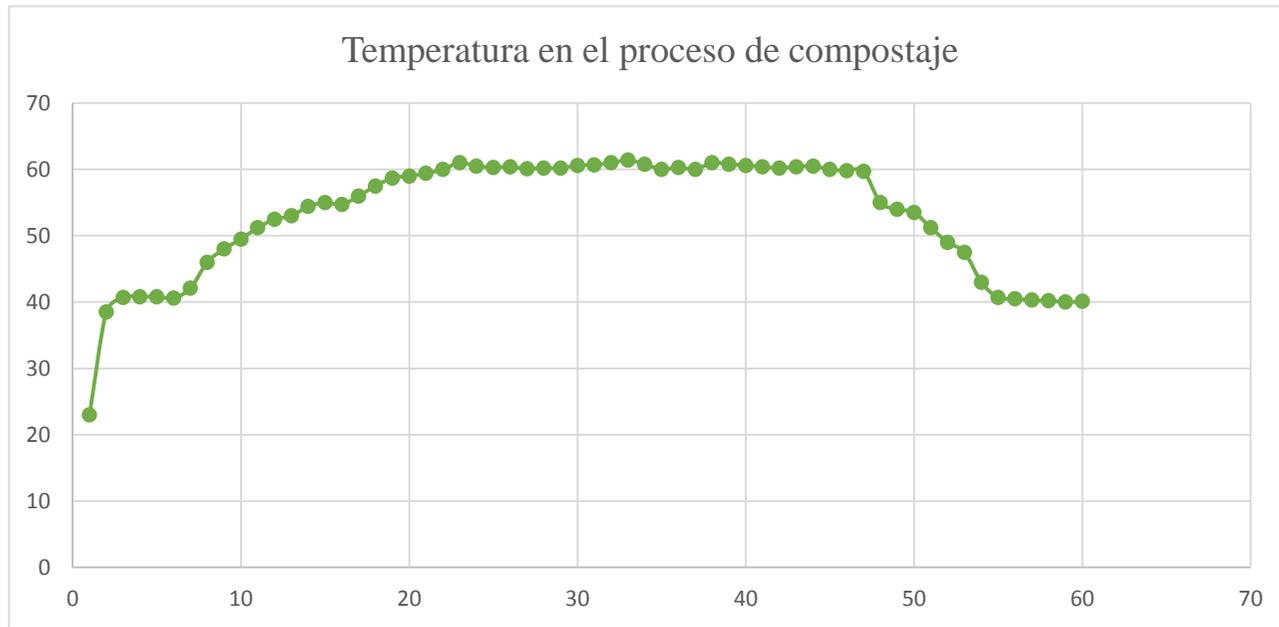
B



C

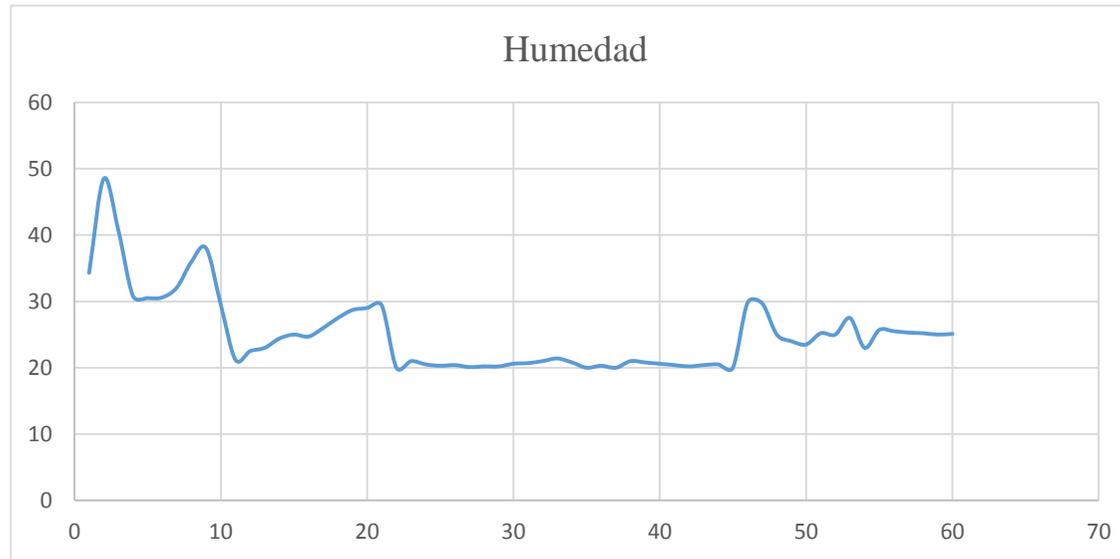
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>MENDOZA JOSE</p>	<p>Mezcla de soluciones con Cascarilla de arroz y gallinaza</p>		
<p>A. Microorganismos método Takakura.</p> <p>B. Aplicación de materia orgánica en semilla de takakura</p>	<p>CERTIFICADO <input type="checkbox"/></p> <p>APROBADO <input type="checkbox"/></p>				
<p>C. Descomposición de Materia orgánica.</p>	<p>POR APROBAR <input type="checkbox"/></p>		05	1:1	20/07/2019

ANEXO F: CURVA DE TEMPERATURA EN PROCESO DE COMPOSTAJE



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA MENDOZA JOSE </p>	Tabla de temperatura en proceso de compostaje.		
A. Curva de temperatura	CERTIFICADO <input type="checkbox"/>		LAMINA	ESCALA	FECHA
	APROBADO <input type="checkbox"/>		06	1:1	20/07/2019
	POR APROBAR <input type="checkbox"/>				

ANEXO G: CURVA DE HUMEDAD EN PROCESO DE COMPOSTAJE



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA MENDOZA JOSE	Tabla de humedad en proceso de compostaje.				
A. Curva de humedad	CERTIFICADO <input type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/>					LAMINA	ESCALA
					07	1:1	20/07/2019

ANEXO H: ANALISIS DE MATERIA PRIMA INICIAL



GAMAFI

(Granja Avícola María Fidelina)

GAMAFI Granja Avícola María Fidelina	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	Análisis de Viruta (Cascarilla de arroz)
--	--	---

Fecha de análisis: 15 de Junio del 2018

Datos del proveedor: José Gabriel Mendoza Muñoz

Lugar de recepción de muestra: Las Villegas - GAMAFI

Fecha de recepción de muestra: 14 de Junio del 2018

ANALISIS DE MUESTRAS

PARAMÉTROS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	OBSERVACIONES	MÉTODO UTILIZADO PARA ANÁLISIS
Humedad (%)	8.3	9.4	11.3	Muestras tomadas en el galpón 1 contiene gallinaza	GALC:0018
Cenizas	25.3	27.8	26.7	Muestras tomadas en el galpón 1 contiene gallinaza	GALC:0020
Proteína Bruta	30.5	26.7	26.4	Muestras tomadas en el galpón 1 contiene gallinaza	GALC:0002
Extracto Etéreo (Grasas)	1.8	2.4	2.3	Muestras tomadas en el galpón 1 contiene gallinaza	GALC:0017
Fibra Bruta (%)	13.6	15.6	23.4	Muestras tomadas en el galpón 1 contiene gallinaza	GALC:0015
Materia Orgánica	85.35	92.35	91.17	Muestras tomadas en el galpón 1 contiene gallinaza	GALC:0012
NT (Nitrógeno total)	1.88	1.75	1.90	Muestras tomadas en el galpón 1 contiene gallinaza	GALC:0011



RICARDO TOLEDO
LAB. CONTROL CALIDAD

Dirección: km 3 vía La Villegas – La Concordia.

Teléfono: (+593) 994176253

ANEXO I: ANALISIS DEL COMPOST OBTENIDO



GAMAFI

(Granja Avícola María Fidelina)

GAMAFI Granja Avícola María Fidelina	LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD	Análisis de cama de galpón bimensual
--	--	---

Fecha de análisis: 18 de Septiembre del 2018

Datos del cliente: José Gabriel Mendoza Muñoz

Lugar de retiro de muestra: Las Villegas - GAMAFI

Fecha de recepción de muestra: 17 de Septiembre del 2018

ANALISIS DE MUESTRAS

PARAMÉTROS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	OBSERVACIONES	MÉTODO UTILIZADO PARA ANÁLISIS
pH	6.4	7.3	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0001
Conductividad Eléctrica (s/m)	4.7	9.7	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0003
N (%)	0.8	0.65	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0004
P (%)	0.7	0.11	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0005
K (%)	0.4	0.76	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0006
Ca (%)	0.8	0.95	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0007
Mg (%)	0.75	0.8	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0008
Mn (ppm)	33.3	67	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0010
Fe (ppm)	45.7	32.8	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0009
Zn (ppm)	0.6	0.9	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0011
Materia Orgánica	15.92	16.04	Muestras tomadas de un proceso de compostaje.	GALC:0012

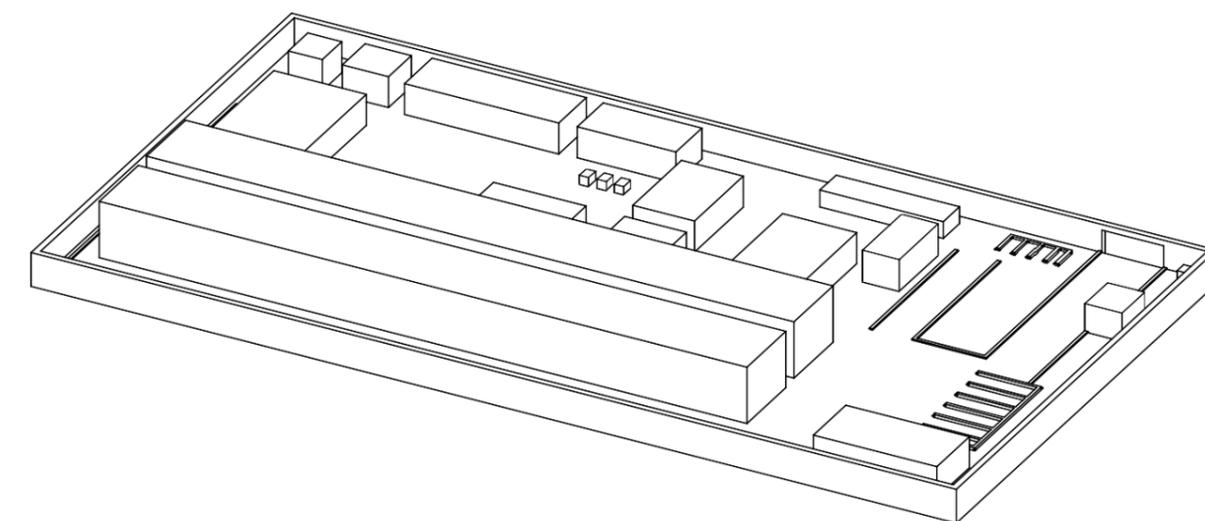
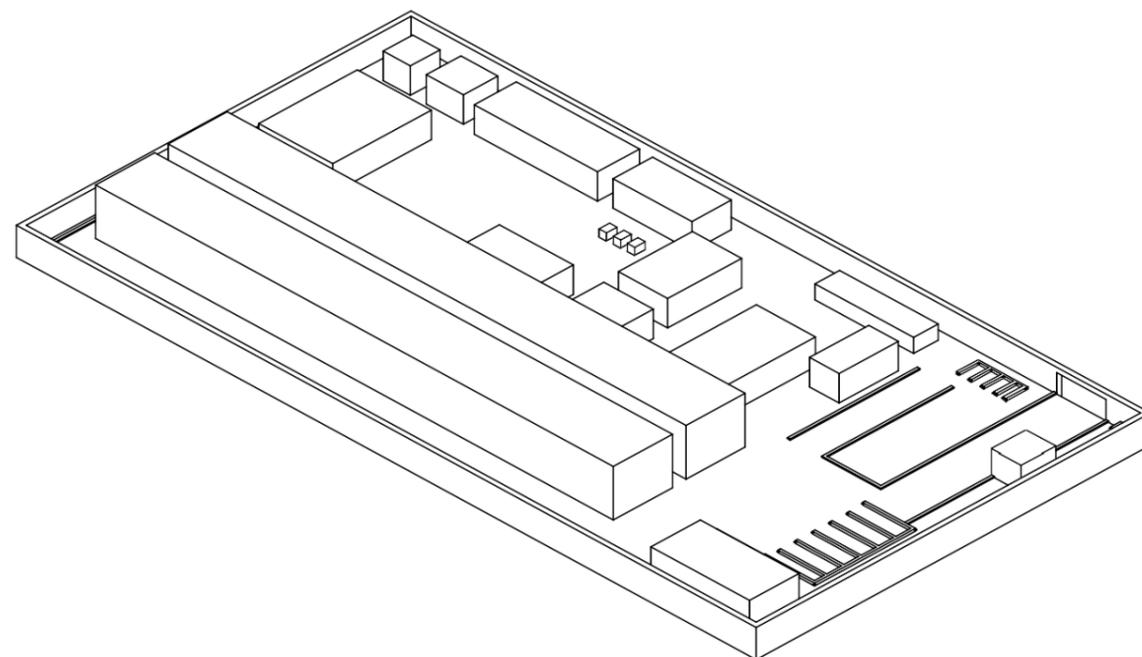
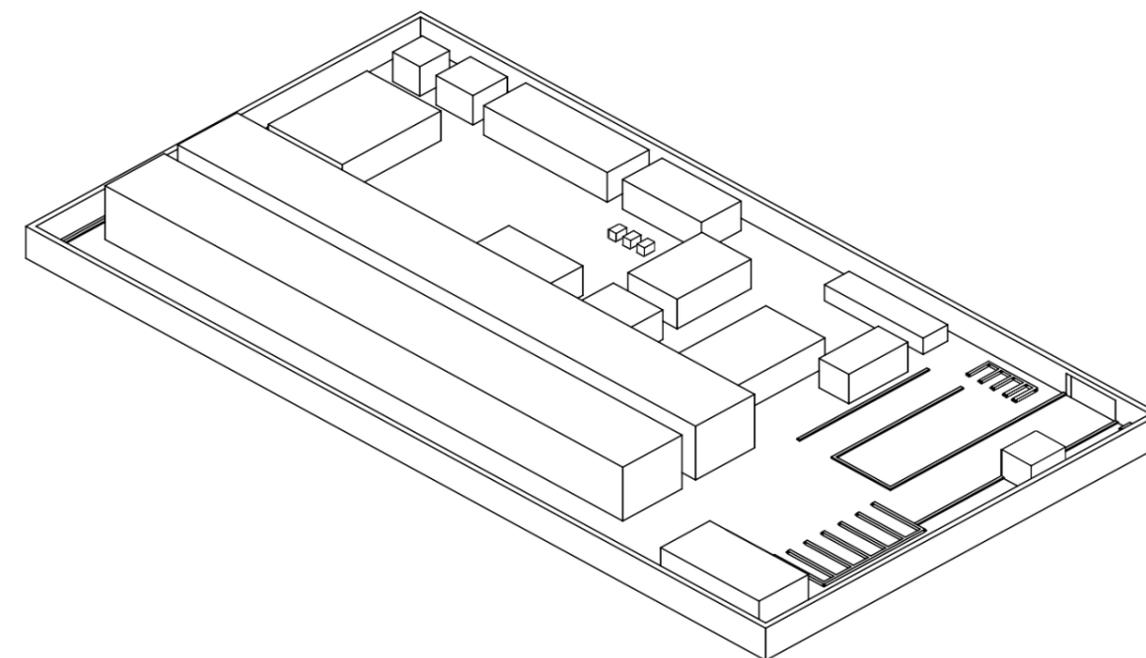
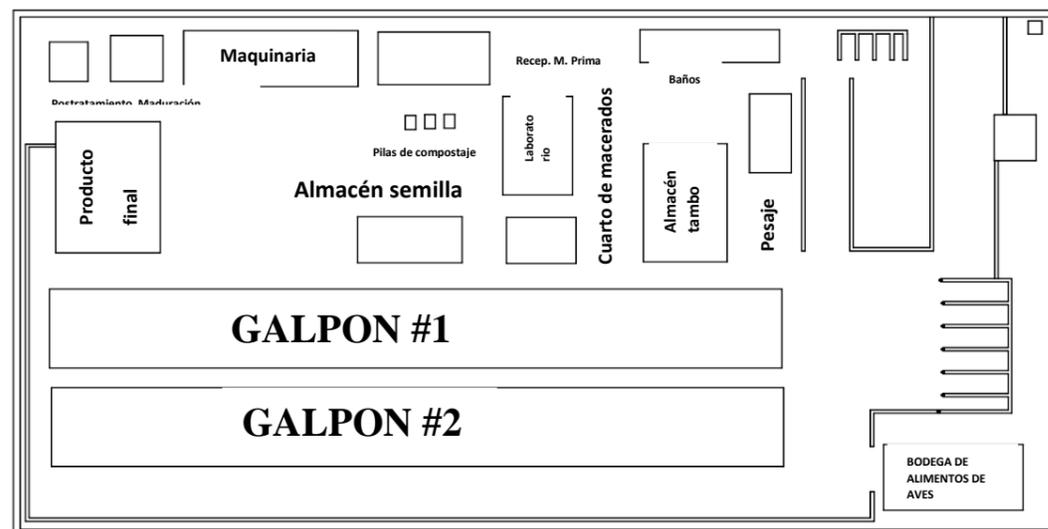
Nota: Estos son análisis hechos dentro de la empresa se realizan bimensualmente cada vez que se arrojan al relleno sanitario del Cantón o a su vez son retirados por camiones del GAD Municipal del Cantón. Estos datos son para validar un proceso de compostaje, por lo cual está prohibido la reproducción de estos valores.




RICARDO TOLEDO
LAB. CONTROL CALIDAD

Dirección: km 3 vía La Villegas – La Concordia.

Teléfono: (+593) 994176253



<p>Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias</p> <p>Escuela de Ing. Química</p>	<p>Realizado por: Jose Gabriel Mendoza Muñoz</p>	<p>TÍTULO: DISEÑO DE UN PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE UN ABONO ORGÁNICO PARA CACAO A PARTIR DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS GENERADOS EN LA EMPRESA GAMAFI UBICADA EN EL CANTÓN LA CONCORDIA</p>
	<p>FECHA: 29 de marzo del 2018</p>	<p>Plano Empresa GAMAFI</p>



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**



**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS
PARA EL APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 18 de Diciembre 2019

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
José Gabriel Mendoza Muñoz
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: