



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniera Industrial.

Proyecto de Investigación

**ELABORACIÓN DE ENVASES BIOPLÁSTICOS MEDIANTE EL
APROVECHAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS VEGETALES CON
FINES INDUSTRIALES**

Autores

Mishell Estefanya Angueta Giraldo
Liliana Janeth Giraldo Tigua

Director de Proyecto de Investigación

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera, PhD.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador.

2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, **Mishell Estefanya Angueta Giraldo**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Mishell Estefanya Angueta Giraldo

C.C. # 094105969-3



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.

Yo, **Liliana Janeth Giraldo Tigua**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Liliana Janeth Giraldo Tigua

C.C. # 120782387-1



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.

El suscrito, **Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes, **Mishell Estefanya Angueta Giraldo y Liliana Janeth Giraldo Tigua**, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado “**ELABORACIÓN DE ENVASES BIOPLÁSTICOS MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS VEGETALES CON FINES INDUSTRIALES**”, previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD. En calidad de Director de Proyecto de Investigación titulado “**ELABORACIÓN DE ENVASES BIOPLÁSTICOS MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS VEGETALES CON FINES INDUSTRIALES**”, me permito manifestar a usted y por intermedio al Consejo Académico de la Facultad lo siguiente:

Que, las estudiantes **Mishell Estefanya Angueta Giraldo** y **Liliana Janeth Giraldo Tigua**, egresadas de la Carrera de Ingeniería Industrial, ha cumplido con las correcciones, e ingresado su Proyecto de Investigación al sistema URKUND, tengo a bien de certificar la siguiente información sobre el informe del sistema anti plagio con un porcentaje de 9%.

Document	TESIS ANGUETA-GIRALDO_Dic 2019.docx (D60617028)
Submitted	2019-12-09 08:30 (-05:00)
Submitted by	Juan Alejandro Neira Mosquera (neiramosquera@uteq.edu.ec)
Receiver	neiramosquera.uteq@analysis.orkund.com
Message	Show full message

9% of this approx. 40 pages long document consists of text present in 21 sources.

Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD.
DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

ELABORACIÓN DE ENVASES BIOPLÁSTICOS MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS VEGETALES CON FINES INDUSTRIALES

Presentado al Consejo Académico como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial.

Aprobado por:

Ing. Leonardo Baque Mite MSc.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Robert Moreira Macías MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Azucena Bernal Gutiérrez MSc.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2019

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios infinitamente por permitirme tener una vida llena de aprendizajes y experiencias que contribuyen a mi vida profesional. También por darme fortaleza, sabiduría y perseverancia para no rendirme ante las dificultades y obstáculos que se presentaron en el transcurso de mi formación académica como Ingeniera Industrial.

A mis padres por darme la vida, por su confianza, por todo el esfuerzo y dedicación que hacen cada día para poder salir adelante, por ser ese pilar fundamental en mi vida, brindándome su amor, consejos y apoyo, por creer en mí y motivarme a ser mejor cada día con sus enseñanzas y sobre todo por infundir con esmero valores y principios que me formaron como persona para ser una excelente profesional.

A mis hermanos por ser parte de mi vida, por siempre estar apoyándome en cada paso que doy, y por ser el motor para poder servirles de ejemplo de que no se rindan, que todo lo que uno se proponga lo puede cumplir, con esfuerzo y dedicación.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por haberme permitido formarme y ella gracias a todos los profesionales que fueron partícipes de este proceso; quienes con las enseñanzas de sus conocimientos, paciencia, amistad, apoyo incondicional hicieron que pueda desarrollarme profesionalmente y concluir una etapa más de mi vida.

Al igual deseo agradecer a mis conocidos y más aún a los grandes amigos he obtenido en una de las etapas más bonitas de mi vida, a ellos les agradezco el hecho de haber compartido grandes momentos, anécdotas y experiencias de vida únicas e inmemorables que se quedara guardada en cada una de nuestras mentes y corazones, a ustedes les deseo todas las bendiciones del mundo y éxitos

A todos en conjunto que me apoyaron directa o indirectamente.

Muchas Gracias.

Mishell Estefanya Angueta Giraldo

AGRADECIMIENTO

A Dios por iluminar mi camino, estar presente en cada momento de mi vida y por las bendiciones que he recibido a lo largo de mi vida

A mis padres Normita y Diomedes, con su ejemplo han inculcado valores y principios en mí, por brindarme su apoyo incondicional y estar conmigo siempre en los malos y buenos momentos

A mis hermanos Cristina y David, porque siempre han estado presentes en cada momento de mi vida y me han apoyado sin importar las circunstancias

*A mis maestros por su orientación, colaboración y apoyo durante el trayecto de la carrera
Y a cada una de las personas que estuvieron presentes en el desarrollo de este proyecto*

Liliana Janeth Giraldo Tigua

DEDICATORIA

A Dios por ser el mayor promotor de fortaleza y sabiduría para alcanzar esta meta.

A mis padres Lelia y Edison, que han sido pilar fundamental de mi vida, por la confianza puesta en mí para ser una mejor persona cada día, por sus consejos y entrega total para ayudarme a cumplir mis metas y sueños. A mis hermanos Eliot y Eimy para que les sirva de ejemplo para alcanzar las metas que se propones en la vida y demás familiares que de una u otra manera me apoyaron durante este camino y fueron mi fuente de inspiración.

Mishell Estefanya Angueta Giraldo

DEDICATORIA

Dedicado a mi mayor motivación de superación, mis padres, hermanos y sobrinos que son el pilar fundamental de mi vida. Por su apoyo para cumplir mis sueños, por sus consejos, por el amor infinito que me brindan, por sus esfuerzos para darme una educación de calidad.

Liliana Janeth Giraldo Tigua

RESUMEN

La elaboración de un bioplástico a partir de materias primas vegetales para la fabricación de envases ha sido el objetivo principal de esta investigación con el fin de dar solución a la constante contaminación al medio ambiente generada por los plásticos convencionales.

Por ello el estudio para obtener un material plastificante a base de fuentes renovables es de vital importancia para reducir los efectos contaminantes de los polímeros a base de petróleo y usar este bioplástico como fuente eco amigable, el mismo que ayudara a generar fuentes de trabajo en la zona y aumentara la demanda de materia prima para los agricultores. En esta investigación se ha tomado como materia prima el almidón de yuca de variedad INIAP – Portoviejo 651 y almidón de maíz de variedad INIAP H-553, fueron combinados con diferentes plastificantes tales como glicerina, alcohol polivinílico (PVA) y urea. A las películas obtenidas de esta mezcla se les realizaron pruebas físicas y mecánicas para establecer cuál de los tratamientos otorga mejores características dando como resultado el tratamiento compuesto por almidón de yuca y PVA. Para esto se utiliza parámetros previamente establecidos por otros estudios donde las variables más importantes a tomar en consideración fueron una temperatura que oscila entre los 65 – 70 °C para el mezclado y los tiempos dados de acuerdo a la actividad realizada. Una vez elaborado el bioplástico se diseñó el proceso que se lleva a cabo mediante diagramas de flujo, se realizó un balance de materiales para establecer el rendimiento y un análisis de proximidad entre las actividades que intervienen. Se detallaron las maquinarias que se utilizaran para a usar en el proceso y sus respectivas áreas tomando en cuenta todas las operaciones, al personal y departamentos que intervienen en el sistema de producción.

Palabras claves: Bioplásticos/ Materia prima vegetal/ Planta piloto/ Procesos/ Reología

ABSTRACT

The development of a bioplastic from vegetable raw materials for the manufacture of packaging has been the main objective of this research in order to solve the constant pollution to the environment generated by plastic plastics. Therefore, the study to obtain a plasticizing material based on renewable sources is of vital importance to reduce the contaminating effects of petroleum-based polymers and use this bioplastic as an eco-friendly source, which helps generate work sources in the area and will increase the demand for raw material for farmers. In this investigation, the cassava starch of the INIAP variety - Portoviejo 651 and corn starch of the INIAP H-553 variety were taken as raw material, they were combined with different plasticizing tales such as glycerin, polyvinyl alcohol (PVA) and urea. The films obtained from this mixture are required physical and mechanical tests to establish the treatments of the best characteristics resulting in the treatment composed of cassava starch and PVA. For this, parameters previously established by other studies are used where the most important variables will be taken at a temperature that ranges between 65-70 ° C for mixing and the times given according to the activity performed. Once the bioplastic was prepared, the process that is carried out by flow diagrams was designed, a balance of materials was performed to establish the performance and a proximity analysis between the activities involved. See details of the machines that are used for use in the process and their respective areas taking into account all the operations, personnel and departments involved in the production system.

Keywords: Bioplastics / Plant raw material / Pilot plant / Processes / Rheology

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN. .	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN.....	x
CÓDIGO DUBLIN	xix
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.	5
1.2. Objetivos	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Justificación	7

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.....	9
2.1.1. Bioplásticos	9
2.1.2. Biopolímeros	9
2.1.3. Plásticos	9
2.1.4. Biodegradabilidad.....	9
2.1.5. Almidón	10
2.1.5.1. Composición y estructura de almidón.....	10
2.1.5.2. Aplicaciones industriales del almidón.....	11
2.1.6. Yuca.....	12

2.1.6.2.	Almidón de yuca	13
2.1.7.	Maíz	13
2.1.7.2.	Almidón de maíz	14
2.1.1.	Plastificantes.....	14
2.1.1.1.	Agua destilada	15
2.1.1.2.	Alcohol Polivinílico	15
2.1.1.2.1.	Propiedades del alcohol polivinílico.....	16
2.1.1.3.	Glicerina	17
2.1.1.4.	Urea.....	17
2.1.2.	Uso de plastificantes en la elaboración de películas biodegradables.....	18
2.1.3.	Efectos del plastificante sobre las propiedades del almidón.....	19
2.1.4.	Análisis Reológico.....	19
2.1.5.	Caracterización de películas de almidón	20
2.1.5.1.	Humedad	20
2.1.5.2.	Permeabilidad al vapor de agua	20
2.1.5.3.	Biodegradabilidad	20
2.1.5.4.	Ensayo de tracción	21
2.1.6.	Métodos de obtención de envases	21
2.1.6.1.	Proceso de extrusión	21
2.1.6.2.	Proceso de moldeo por inyección	22
2.1.6.3.	Proceso de moldeo por soplado.....	23
2.1.7.	Sistemas de producción	23
2.1.8.	Planta Piloto	23
2.1.9.	Calculo de área requerida	24
2.1.9.1.	Método Guerchet.....	24
2.2.	Marco Referencial.....	26

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Localización.....	31
3.2.	Tipo de investigación	31
3.2.1.	Descriptiva.....	31
3.2.2.	Experimental	31
3.3.	Métodos de investigación	31
3.3.1.	Inductivo	31

3.3.2.	Deductivo.....	31
3.3.3.	Analítico.....	32
3.4.	Fuentes de recopilación de información	32
3.5.	Diseño de la investigación	32
3.5.1.	Diseño experimental.....	32
3.5.2.	Evaluación del rendimiento de la materia prima.....	33
3.6.	Instrumentos de investigación	33
3.6.1.	Diseño estadístico de la investigación	33
3.7.	Tratamientos de la investigación.....	34
3.8.	Talento humano, materiales y equipos.....	35
3.8.1.	Talento humano	35
3.8.2.	Materiales y equipos.....	35

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Estudio de la influencia de almidón de maíz y al almidón de yuca como materia prima y la utilización de glicerina, PVA y urea como material plastificante en la elaboración de bioplástico.....	39
4.1.1.	Balance de materia del proceso para obtención de láminas de bioplástico ..	39
4.1.2.	Resultados de la caracterización de láminas de bioplástico obtenidas	40
4.1.2.1.	Humedad	40
4.1.2.2.	Resistencia a la tracción	41
4.1.3.	Resultados del estudio de distintos almidones y tres tipos de plastificantes para la obtención de bioplástico mediante (Pruebas de Tukey, $P < 0,05$)	41
4.1.3.1.	Comparación de dos tipos de almidones.....	42
4.1.3.2.	Resultado con respecto a la evaluación de Plastificantes	42
4.1.4.	Discusión	43
4.2.	Parámetros óptimos para la fabricación de bioplásticos mediante análisis reológico del biopolímero.....	43
4.2.1.	Discusión	47
4.3.	Determinar el sistema de producción de bioplástico para la elaboración de envases a nivel piloto.....	47
4.3.1.	Producción nacional de envases	47
4.3.2.	Diseño del producto.....	48
4.3.2.1.	Economía Circular	50
4.3.3.	Diseño del proceso	50
4.3.3.1.	Flujograma del proceso	50

4.3.4.	Descripción del proceso de producción.....	53
4.3.4.1.	Recepción de materia prima	53
4.3.4.2.	Traslado de almidones.....	53
4.3.4.3.	Mezclado – cocción	53
4.3.4.4.	Moldeado.....	53
4.3.4.5.	Deshidratado	53
4.3.4.6.	Molienda.....	54
4.3.4.7.	Peletizado	54
4.3.4.8.	Extrusión	54
4.3.4.9.	Termoformado.....	54
4.3.5.	Capacidad de producción.....	54
4.3.6.	Selección de maquinaria	56
4.3.7.	Disposición en planta	60
4.3.7.1.	Método de Guerchet	60
4.3.7.2.	Tabla relacional de actividades	62
4.3.7.3.	layout de la planta	63
4.3.8.	Proyecto de inversión.....	66
4.3.8.1.	Inversión total.....	66
4.3.8.2.	Inversión Inicial de Activos fijos.....	66
4.3.8.3.	Costos y Gastos	67
4.3.8.4.	Presupuesto de ingresos por ventas	68
4.3.8.5.	Flujo de efectivo.....	69
4.3.8.6.	Punto de equilibrio.....	69
4.3.8.6.1.	PE en función de la Capacidad Instalada	69
4.3.8.6.2.	PE en función de los Ingresos (Ventas)	69
4.3.8.6.3.	PE en función de las Unidades Producidas.....	70
4.3.8.7.	Indicadores de evaluación.....	70
4.3.9.	Discusión	71

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1.	Conclusiones.....	73
5.1.	Recomendaciones.....	74

CAPITULO VI

BIBLIOGRAFÍA

6.1.	Bibliografía	76
------	--------------------	----

CAPÍTULO VII

ANEXOS

7.1.	Anexos	82
------	--------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Pruebas de Múltiple Rangos para % de Humedad por Almidones	82
Anexo 2 Pruebas de Múltiple Rangos para % de Humedad por Plastificantes	82
Anexo 3 Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la tracción por Almidones....	82
Anexo 4 Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la tracción por Plastificantes	82
Anexo 5 Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la tracción para Interacción A*B	83
Anexo 6 Materiales utilizados	83
Anexo 7 Procedimiento en laboratorio	84
Anexo 8 Preparación	85
Anexo 9 Obtención de láminas.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura molecular del agua	15
Figura 2 Estructura molecular del polivinilo de alcohol	15
Figura 3 Estructura molecular de la glicerina.....	17
Figura 4 Estructura de la molécula de urea	18
Figura 5 Esquema de una extrusora.....	22
Figura 6 Esquema del sistema de inyección	22
Figura 7 Esquema del sistema de soplado	23
Figura 8 Balance de materia del proceso de obtención de bioplástico	39
Figura 9 Prueba tukey ($p < 0.05$) para los niveles del factor A (Almidones).....	42
Figura 10 Prueba tukey ($p < 0.05$) para los niveles del factor B (Plastificantes)	42
Figura 11 Economía circular de envases bioplásticos	50
Figura 12 Flujograma de procesos de fabricación de envases.....	51
Figura 13 Capacidad de producción	55
Figura 14 Tabla relacional de actividades	63

Figura 15 Layout del área de producción	64
Figura 16 Layout de planta de bioplásticos	65

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades de la amilosa y la amilopectina.....	10
Tabla 2 Aplicaciones industriales del almidón.....	11
Tabla 3 Provincias con Mayor Superficie, Producción y Rendimiento del cultivo de yuca en Ecuador	12
Tabla 4 Composición química del almidón de yuca.....	13
Tabla 5 Composición química del almidón de maíz	14
Tabla 6 Propiedades del EVOH	16
Tabla 7 Rango de estimación K.....	26
Tabla 8 Descripción de los factores de estudio que intervienen en el proceso de obtención de bioplástico para la elaboración de envases	33
Tabla 9 Esquema de análisis de varianza de elaboración de bioplástico.....	33
Tabla 10 Características del experimento de elaboración de bioplástico.....	33
Tabla 11 Combinación de los tratamientos para la elaboración de bioplástico.....	34
Tabla 12 Especificación de cantidad de material usado en los tratamientos.....	36
Tabla 13 Materiales e insumos utilizados en la elaboración de bioplástico	40
Tabla 14 Análisis de Varianza para % Humedad	40
Tabla 15 Análisis de Varianza para Resistencia a la tracción	41
Tabla 16 Ficha técnica del Bioplástico.....	44
Tabla 17 Ficha técnica del polipropileno	45
Tabla 18 Ficha técnica del poliestireno	46
Tabla 19 Datos relevantes.....	47
Tabla 20 Producción anual	48
Tabla 21 Ficha técnica del producto.....	48
Tabla 22 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de envases.....	52
Tabla 23 Características de extrusora.....	56
Tabla 24 Características de una Peletizadora	57
Tabla 25 Características de la máquina de termoformado de vasos.....	57
Tabla 26 Características de un túnel de secado	58
Tabla 27 Características de una batidora industrial.....	58
Tabla 28 Características de un reactor autoclave	59

Tabla 29 Características de un Mezclador Industrial	59
Tabla 30 Características de un Montacargas	60
Tabla 31 Cálculo del área requerida	61
Tabla 32 Leyenda y cálculo para porcentaje de ajustes de necesidades.....	62
Tabla 33 Leyenda para tabla relacionada de actividades	62
Tabla 34 Inversión total para elaboración de bioplástico	66
Tabla 35 Activos fijos	67
Tabla 36 Costos y gastos del proyecto de inversión.....	68
Tabla 37 Ingresos de ventas.....	68
Tabla 38 Flujo de efectivo de la producción	69
Tabla 39 Indicadores	70

CÓDIGO DUBLIN

Título	ELABORACIÓN DE ENVASES BIOPLÁSTICOS MEDIANTE EL APROVECHAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS VEGETALES CON FINES INDUSTRIALES				
Autoras	Angueta Giraldo Mishell Estefanya Giraldo Tigua Liliana Janeth				
Palabras clave	Bioplásticos	Materia prima vegetal	Planta piloto	Procesos	Reología
Fecha de publicación					
Editorial	Quevedo: UTEQ, 2019.				
Resumen	<p>Resumen. – La elaboración de un bioplástico a partir de materias primas vegetales para la fabricación de envases ha sido el objetivo principal de esta investigación con el fin de dar solución a la constante contaminación al medio ambiente generada por los plásticos convencionales. En esta investigación se ha tomado como materia prima el almidón de yuca de variedad INIAP – Portoviejo 651 y almidón de maíz de variedad INIAP H-553, fueron combinados con diferentes plastificantes tales como glicerina, alcohol polivinílico (PVA) y urea. A las películas obtenidas de esta mezcla se les realizaron pruebas físicas y mecánicas para establecer cuál de los tratamientos otorga mejores características dando como resultado el tratamiento compuesto por almidón de yuca y PVA. Para esto se utiliza parámetros previamente establecidos por otros estudios donde las variables más importantes a tomar en consideración fueron una temperatura que oscila entre los 65 – 70 °C para el mezclado y los tiempos dados de acuerdo a la actividad realizada. Una vez elaborado el bioplástico se diseñó el proceso que se lleva a cabo mediante diagramas de flujo, se realizó un balance de materiales para establecer el rendimiento y un análisis de proximidad entre las actividades que intervienen.</p> <p>Abstract. – The development of a bioplastic from vegetable raw materials for the manufacture of packaging has been the main objective of this research in order to solve the constant pollution to the environment generated by plastic plastics. In this investigation, the cassava starch of the INIAP variety - Portoviejo 651 and corn starch of the INIAP H-553 variety were taken as raw material, they were combined with different plasticizing tales such as glycerin, polyvinyl alcohol (PVA) and urea. The films obtained from this mixture are required physical and mechanical tests to establish the treatments of the best characteristics resulting in the treatment composed of cassava starch and PVA. For this, parameters previously established by other studies are used where the most important variables will be taken at a temperature that ranges between 65-70 ° C for mixing and the times given according to the activity performed. Once the bioplastic was prepared, the process that is carried out by flow diagrams was designed, a balance of materials was performed to establish the performance and a proximity analysis between the activities involved.</p>				
Descripción	dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URI					

INTRODUCCIÓN

Según lo mencionado en un estudio para la Empresa Polímeros del Norte S.A.C [1], en la actualidad el mundo sufre altos niveles de contaminación, en especial por el uso irresponsable de plásticos en la ciudad y sus alrededores. Por ello se han adoptado medidas gubernamentales de protección del medio ambiente, buscando alternativas de solución a productos derivados del petróleo, como por ejemplo a las botellas y bolsas en su uso frecuente.

El material biodegradable utilizado para la elaboración de envases como es el almidón de maíz y yuca, al ser procesado se logra obtener un material que iguala el comportamiento de los plásticos convencionales, minimizando el impacto ambiental, debido a que este tipo de producto no contamina en su producción, son 100% orgánicos, y se biodegradan en un ambiente de compostaje adecuado por los distintos compuestos que no dañan la naturaleza: agua, dióxido de carbono y humus.

Ante los retos ambientales y económicos que enfrentan las industrias globales, los bioplásticos son una alternativa para reducir costos y riesgos ecológicos, de acuerdo con Michael Thielen, editor en jefe de la revista Bioplastics Magazine, explicó que hay dos grandes razones por las que se requiere el uso y desarrollo de bioplásticos.

En primer lugar por la gran incertidumbre en los precios del petróleo, pues desde 2008 ha habido volatilidad en el precio, y segundo, porque los contaminantes que emiten los productos derivados del petróleo, entre ellos los plásticos, se han convertido en un problema ambiental preocupante; ya que los plásticos son apenas del 4 al 7% del consumo global de petróleo crudo y que la sustitución potencial de plásticos con base de fuentes fósiles con bioplásticos es del 5 al 10%, y hoy tenemos solamente el 1,3%. [2]

Se realizó un estudio del plástico, de sus características principales, y de su producción, todo ello con el motivo de conocer el proceso de elaboración de envases plásticos para luego poder replicarlo con las biodegradables. También se efectuó un estudio de las materias prima utilizadas y los procedimientos empleados para la experimentación y posterior obtención de un producto final biodegradable.

Además, con este proyecto, se busca incentivar la producción de maíz y yuca, originando así un impacto positivo en el ámbito social, pues de ejecutarse un proyecto como este, la economía de muchos agricultores de la región mejoraría debido a la gran demanda que implicaría al trabajar con almidones, con la finalidad de aprovechar el almidón para luego convertirlo en materia prima en la producción de envases biodegradables, utilizándolo de esta manera como el sustituto del polímero convencional.

Actualmente el mercado de los biopolímeros se está desarrollando pero todavía no puede competir con los plásticos tradicionales. En la Unión Europea hay países que tienen en sus comercios frutas o verduras envasadas en bioplásticos [3], pero en el caso de Ecuador, el mercado de los bioplásticos en envases, se limita a alguna campaña de algún centro comercial.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La demanda de plásticos en Ecuador ha aumentado en un promedio del 5% en los últimos años, debido al avance tecnológico y cambio de la matriz productiva, esto ha generado aumento de contaminación, en cuencas hidrográficas, mares, tierras de cultivo, rellenos sanitarios que al rebasar su capacidad generan serios problemas y esto se vuelve cada vez más común, ya que estos plásticos tardan en descomponerse. Otro factor importante a considerar es cuando los plásticos se descomponen, emiten gases de efecto invernadero como el metano y etileno. Esto sucede cuando los plásticos convencionales se encuentran expuestos a la luz solar, ya sea en el agua o en el aire, en el cual las tasas de emisión son mucho más altas y perjudican al planeta, por esta razón surge la necesidad de fabricar productos ecológicos y de fuentes renovables.

Los envases plásticos son indispensables para casi todas las actividades que se realizan en el ámbito industrial, por lo tanto, la producción a nivel mundial no se detendrá, por ende, es una amenaza letal para el planeta ya que en su gran mayoría se fabrican de derivados del petróleo y estos demoran en degradarse al ambiente entre 100 a 1000 años lo que implica regular normas para que los daños al medio ambiente por la acumulación de estos sólidos disminuyan.

Esto implica que la tendencia moderna de fabricación de envases podría ser a partir de materias primas de origen vegetal (bioplástico) tal como ya se realizado en otros países como Alemania, Europa, China, Japón, entre otros. Para lograr este objetivo es necesario establecer métodos que puedan usarse para el diseño de la línea de producción de este tipo de material.

1.1.2. Formulación del problema.

¿La baja producción de bioplástico es una limitación para la fabricación de envases biodegradables con fines industriales?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Cuál es la influencia de la utilización de diferentes materias primas vegetales con la combinación de diferentes aditivos como material plastificante?

¿Cuáles serán los parámetros óptimos para la fabricación de envases de bioplástico y tendrá similitud con los plásticos convencionales?

¿Ante la falta de un sistema de producción de bioplástico, se podrá establecer un proceso óptimo para la elaboración de envases con este material a nivel piloto e industrial?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Elaborar envases bioplásticos mediante el aprovechamiento de materias primas vegetales locales con fines industriales.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Estudiar la influencia de almidón de maíz (Fécula de Zea mays L.) y al almidón de yuca (Fécula de Mandioca) como materia prima y la utilización de glicerina, PVA y urea como material plastificante en la elaboración de bioplástico.
- Establecer parámetros óptimos para la fabricación de bioplásticos mediante análisis reológico del biopolímero.
- Determinar el sistema de producción de bioplástico para la elaboración de envases a nivel piloto.

1.3. Justificación

Este trabajo de investigación se realizó con el fin de aprovechar las materias primas del sector y a su vez crear un producto amigable con el medio ambiente reemplazando el plástico convencional, considerando que el bioplástico está tomando posicionamiento en el mercado en varios países del mundo, debido a los efectos contaminantes de derivados del petróleo, es imprescindible obtener un producto plastificante a base de materia prima vegetal. Dentro de los factores a considerar se toman en cuenta que los envases biodegradables una vez finalizado su propósito (vida útil) pueden ser compostados para producir abono orgánico, el mismo que serviría como fertilizante para sembríos de los sectores donde se consuman estos envases.

El objetivo es trabajar con biodegradables que cubran las exigencias del consumidor, considerando las tendencias modernas, hace que su uso sea ecológico y al mismo tiempo sostenible ya que su producción se plantea a través de materias primas renovables locales que podrían ser subproductos de la agricultura, esto permitirá un valor añadido a la producción.

Un problema insostenible se genera ya que los envases tradicionales son de bajo costo y parecen durar indefinidamente. Sin embargo, su durabilidad es un problema serio para el medio ambiente, buscando una solución a estos problemas surge la necesidad de desarrollar plásticos obtenidos a partir de fuentes renovables, que se degraden cuando hayan finalizado su función de envase, sobretodo en aplicaciones de corta vida, como los productos frescos en alimentación.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Bioplásticos

Los bioplásticos tienen su origen en materias orgánicas renovables, según la International Standard Organization (ISO), los bioplásticos son definidos como aquellos plásticos que se degradan por la acción de microorganismos. [4]

Son estructuras poliméricas que permiten mantener completamente la integridad física durante su manufactura, posterior almacenamiento, envasado, vida en estanterías y uso por el consumidor, pero al final de su vida útil son desechados y sufren cambios químicos por influencia de agentes ambientales y microorganismos, que lo transforman en sustancias simples o en componentes menores que eventualmente se asimilan al medio ambiente. [4]

2.1.2. Biopolímeros

Son materiales con características similares a los polímeros sintéticos, pero que provienen de fuentes naturales y que además son degradables. De los biopolímeros, se producen materiales que son conocidos comúnmente como bioplásticos. [5]

2.1.3. Plásticos

El nombre común de plásticos se debe a la propiedad que tienen de ser deformables por plasticidad (frente a la elasticidad), bajo la influencia del calor, la presión o de ambas a la vez. Existen tres grandes familias de plásticos: los termoplásticos, los termoendurecibles y los poliuretanos. [6]

2.1.4. Biodegradabilidad

Se trata de procesos que describen la mineralización de las estructuras orgánicas por medio de microorganismos. Estos microorganismos convierten los bioplásticos en dióxido de carbono, metano, agua y biomasa. [7]

2.1.5. Almidón

El almidón es un homopolisacárido de glucosa constituido como gránulos parcialmente cristalinos e insolubles en agua a temperatura ambiente. [8]

2.1.5.1. Composición y estructura de almidón

El almidón contiene, generalmente, alrededor del 20% de una sustancia soluble en agua llamada amilosa y el 80% de una insoluble conocida como amilopectina. Ambas fracciones corresponden a dos carbohidratos diferentes, de peso molecular elevado. Tanto la amilosa como amilopectina están constituidas por unidades de D-(+)-glucosa, pero difieren en tamaño y forma. [9]

Tabla 1 Propiedades de la amilosa y la amilopectina

PROPIEDAD	AMILOSA	AMILOPECTINA
Peso molecular	50.000-200.000	1 a varios millones
Enlaces glicosídicos	Principalmente a – D-(1-4)	Á-D-(1-4), á-D-(1-6)
Susceptibilidad a la retrogradación	Alta	Baja
Productos de la acción de β-amilasa	Maltosa	Maltosa y β dextrina limite
Productos de la acción glucoamilasa	D-Glucosa	D-Glucosa
Forma molecular	Esencialmente lineal	Arbustiva

Fuente: [9]

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

2.1.5.2. Aplicaciones industriales del almidón

Tabla 2 Aplicaciones industriales del almidón

Industria	Aplicaciones
Alimentaria	<ul style="list-style-type: none">• El almidón es muy importante en los productos horneados: empresas que fabrican galletas, bizcochos, etc., ya que el almidón aumenta la esponjosidad, ablanda la textura y además imparte el color dorado a la corteza.• Fuente de Alcohol para la producción de licores.• Preparación postres como las mazamoras, flanes, etc.• Preparación de edulcorantes (glucosa, fructosa)• Sustituto de la harina de trigo, en la repostería, pastelería, etc.• Espesante y estabilizante en helados, gelatinas, sopas, salsas, etc.
Farmacéutica	<ul style="list-style-type: none">• Fabricación de dextrosa (suero)• Relleno en píldoras, tabletas y otros productos.
Textil	<ul style="list-style-type: none">• Engrudo o gel utilizado en las tintorerías para almidonar las ropas• Material para dar apresto a los tejidos
Papelería	<ul style="list-style-type: none">• Engrudo presentado en forma de escamas de almidón hinchables o pre gelatinizadas para la fabricación de pasta de papel, papel couché, papel kraft, cartón, etc.
Minería Petrolera	<ul style="list-style-type: none">• Floculante en las minas de potasio y en las perforaciones petrolíferas• Floculante selectivo para recuperar vanadio, en la metalurgia del plomo y el cobre.• Materia Prima para el tratamiento de aguas usadas para metales pesados (cobre, níquel, etc.)
Química	<p>Modificando al almidón se puede visualizar otras posibilidades:</p> <ul style="list-style-type: none">• Fabricación de colas y pegamentos• La esterificación que produce poliéster para la fabricación de espumas de poliuretano.• En la fabricación de películas biodegradables.• Materia prima para tenso activos biodegradables.

Fuente: Investigación directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

2.1.6. Yuca

La planta de yuca crece en una variada gama de condiciones tropicales: en los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas; en los trópicos de altitud media y en los subtrópicos con inviernos fríos y lluvias de verano.

Es un cultivo de amplia adaptación ya que se siembra desde el nivel del mar hasta los 1 800 msnm, a temperaturas comprendidas entre 20 y 30 °C con una óptima de 24 °C, una humedad relativa entre 50 y 90 por ciento con una óptima de 72 por ciento y una precipitación anual entre 600 y 3 000 mm con una óptima de 1 500 mm. [10]

Tabla 3 Provincias con Mayor Superficie, Producción y Rendimiento del cultivo de yuca en Ecuador

Provincia	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento t/ha
Morona Santiago	4.832,00	4.775,00	17.253,83	3.57
Cotopaxi	3.078,17	2.791,92	12.964,75	4.77
Santo Domingo de los Tsáchilas	2.752,42	2.395,80	16.811,40	7.00
Pichincha	1.816,67	1.773,00	9.714,58	4.99
Los Ríos	1.621,83	1.464,17	10.040,42	7.00
Cañar	1.630,50	1.591,00	7.765,92	4.33

Fuente: [11]

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

2.1.6.1. Variedad de yuca INIAP – Portoviejo 651

Es más productiva que las locales, presentan menor porcentaje de daños por plagas y enfermedades, alto contenido de materia seca (35.5%) y almidón de fácil desprendimiento con tasa de conversión de 7.5:1 lo que significa un 25% de mayor extracción. [12]

2.1.6.2. Almidón de yuca

Es un polisacárido natural, obtenido de la raíz de la yuca, extremadamente versátil y alcanza una eficiencia incomparable en todas sus aplicaciones entre ellas las películas biodegradables. [13]

Tabla 4 Composición química del almidón de yuca

Componentes	Cantidad en %
Humedad	9.48
Proteína	0.06
Grasa	0.20
Fibra	1.01
Cenizas	0.29
Amilosa	17
Amilopectina	83

Fuente: [13]

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

2.1.7. Maíz

El maíz (*Zea mays* L.) pertenece a la familia de las gramíneas, tribu maideas, y se cree que se originó en los trópicos de América Latina, especialmente los géneros *Zea*, *Tripsacum* y *Euchlaena*, cuya importancia reside en su relación fitogenética con el género *Zea*. El sistema radicular del maíz se desarrolla a partir de la radícula de la semilla, que ha sido sembrada a una profundidad adecuada, para lograr su buen desarrollo. El crecimiento de las raíces disminuye después que la plúmula emerge, y virtualmente, detiene completamente su crecimiento en la etapa de tres hojas de la plántula. [14]

2.1.7.1. Variedad de Maíz INIAP H-553

El INIAP H-553 híbrido de alto rendimiento de 210 qq/ha, tolerante a enfermedades foliares y excelente calidad del grano, está formado por dos líneas nacionales (L49 Pichilingue 7928 y L237 Población A1) desarrolladas como germoplasma criollo de Quevedo y poblaciones introducidas desde el CIMMYT, México. [15]

2.1.7.2. Almidón de maíz

El almidón o fécula de maíz es un polisacárido que se obtiene de moler las diferentes variedades del maíz. Suele formar parte de los carbohidratos que se ingieren de manera habitual a través de los alimentos; en estado natural se presenta como partículas complejas que, en presencia de agua, forman suspensiones de poca viscosidad. Su composición es principalmente de glucosa, aunque puede haber otros componentes presentes en menor cantidad. El almidón de maíz debe conservarse y almacenarse en lugares secos, frescos y no debe estar en contacto con olores fuertes. Es un ingrediente sumamente versátil, se presenta como un polvo blanco muy fino que tiene un sabor característico. [16]

Tabla 5 Composición química del almidón de maíz

Componentes	Cantidad en %
Humedad	9.9
Proteína	0.10
Grasa	0.35
Fibra	0.62
Cenizas	0.06
Amilosa	28
Amilopectina	72

Fuente: [16]

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

2.1.1. Plastificantes

Es un material que se incorpora a un polímero para facilitar su procesado y, disminuye la atracción entre las cadenas poliméricas; es decir, mejora su flexibilidad.

Su efecto general es reducir la cristalinidad del polímero, disminuir la viscosidad en estado fundido, reducir su módulo de elasticidad y disminuir su temperatura de transición vítrea. Son pequeñas moléculas o cadenas de bajo peso molecular. [17]

2.1.1.1. Agua destilada

El agua destilada, es aquella que como todo tipo de agua su composición se basa en la unidad de moléculas H₂O, solo que en esta se han eliminado las impurezas e iones mediante la destilación, que consiste básicamente en separar los componentes líquidos de una mezcla. Por lo tanto, el agua destilada es H₂O sin compuestos añadidos, es decir carece de cloruros, calcio, magnesio y fluoruros. [18]

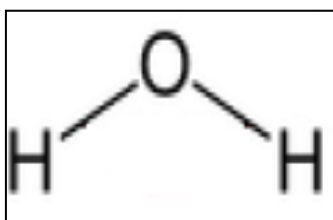


Figura 1 Estructura molecular del agua

2.1.1.2. Alcohol Polivinílico

El alcohol de polivinilo (PVOH) o polialcohol de vinilo (PVA) es un polímero sintético con excelente solubilidad en el agua, que actúa como formador de películas, modificador de la viscosidad, adhesivo y emulsificante para la fabricación de recubrimientos, revestimientos, adhesivos y diversos productos plásticos en diferentes sectores. El PVA es inodoro y no es tóxico. Su fórmula molecular es (C₂H₄O)_x. Su estructura molecular se puede observar en la siguiente figura. [19]

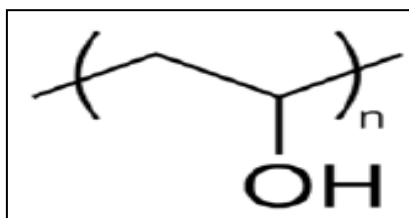


Figura 2 Estructura molecular del polivinilo de alcohol

2.1.1.2.1. Propiedades del alcohol polivinílico

El alcohol polivinílico (PVA de sus siglas en inglés) se presenta en forma de gránulos o polvo blanco. Comercialmente se encuentra disponible en diferentes grados que difieren en peso molecular o en el contenido de acetato, tiene color estable hasta 140 °C. El PVA forma un coloide reversible en agua caliente, es insoluble en agua fría. En agua a 20 °C y con un contenido máximo de 10% de acetato se hincha, es soluble entre un 10% y un 38%, forma un gel fino entre 38% y 75% y contenidos mayores lo hacen insoluble. Las viscosidades del PVA con diferentes contenidos de acetato en agua a 20 °C. [20]

El alcohol de polivinilo cuenta con características que le otorgan gran versatilidad para participar en numerosas aplicaciones en la industria [19]:

- Excelente capacidad de adsorción de sustancias polares
- Excelente pigmentación
- Es biodegradable
- Es inodoro y no tóxico
- Tiene alta resistencia y flexibilidad
- Bajo nivel de compuestos orgánicos
- Modificador reológico
- Altas propiedades como barrera para el oxígeno y los aromas

Tabla 6 Propiedades del EVOH

PROPIEDAD	UNIDAD	EVOH
Espesor	µm	15
Temperatura de fusión	°C	180
Resistencia a rotura en el sentido de la máquina	MPa	80
Resistencia a rotura transversalmente al sentido de la máquina	MPa	52
Alargamiento de rotura en el sentido de la máquina	%	160
Alargamiento de rotura transversalmente al sentido de la máquina	%	200
Módulo de elasticidad en el sentido de la máquina	MPa	1960
Módulo de elasticidad transversalmente al sentido de la	MPa	1860

máquina		
Contenido on humedad	%	3.8
Permeabilidad relativa a vapor de agua	-	1
Permeabilidad relativa a oxígeno	-	1
Turbidez	%	1.8

Fuente: [19]

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

2.1.1.3. Glicerina

La glicerina o glicerol es un alcohol procedente de la degradación de los lípidos o grasas, y que posee la propiedad de mantener y atraer hacia sí al agua, lo cual se conoce como capacidad humectante o higroscópica. Por sus diversas cualidades, la glicerina suele utilizarse como plastificante, emoliente, espesante, dispersante, lubricante, endulzante y anticongelante. Es de un color bastante trasparente y es muy pegajosa, viscosa y con sabor dulce, de ahí su nombre: glykeros, que proviene del griego, que significa dulce. La glicerina no es peligrosa de por sí, aunque con ella también se fabrica una sustancia explosiva: la nitroglicerina. [22]. Junto con el agua destilada, la glicerina es el plastificante más común utilizado en los diferentes estudios que se han realizado sobre la fabricación de bioplástico a partir del almidón. Su fórmula molecular es $C_3H_8O_3$.

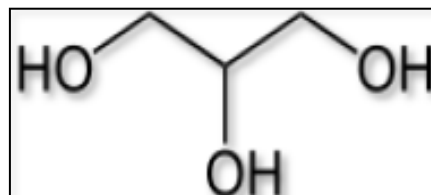


Figura 3 Estructura molecular de la glicerina

2.1.1.4. Urea

La urea es uno de los fertilizantes más concentrados en nitrógeno (46%) y normalmente, el más económico en el mercado. Se comercializa en modalidades perlada y granulada, la primera para uso en fertirrigación y la segunda, para aplicación directa al suelo. Es

muy soluble y a menudo usada en formulaciones líquidas. Su alta solubilidad la hace popular para inyectarla en sistemas de riego localizado. Es clasificada como fuente amoniacal y por lo tanto, tiende a acidificar el suelo.

Se puede clasificar como un fertilizante de origen orgánico, ya que su estructura química corresponde a una carbamida. Se fabrica a partir del amonio y anhídrido carbónico, bajo alta presión y temperatura. La urea es una sustancia que no presenta peligrosidad, no es tóxica ni cancerígena y tampoco es inflamable, aunque si es levemente irritante en contacto con los ojos y piel. Su fórmula química es $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ y su estructura molecular se puede observar en la siguiente figura. [22]

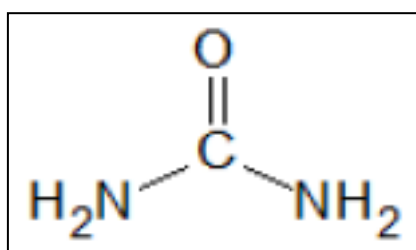


Figura 4 Estructura de la molécula de urea

2.1.2. Uso de plastificantes en la elaboración de películas biodegradables

Los plastificantes son sustancias incorporadas durante el procesamiento de plásticos para aumentar su flexibilidad y alargamiento. Estos reducen la viscosidad en estado fundido, disminuir la temperatura de transición vítrea y el módulo de elasticidad. Los plastificantes son generalmente líquidos, inodoro, incoloro y de volatilidad baja. Ellos pueden ser clasificados en monomérica, aquellos con un peso molecular de hasta 500g/mol y poliéricos con mayor peso molecular, tales como poliésteres, ésteres complejos y aceites epoxidados. Las características esenciales de un buen plástico son baja volatilidad y la migración poco o nada a la superficie, alta resistencia a la extracción por agua, aceites y solventes, la compatibilidad con el polímero, baja toxicidad y la resistencia térmica.

La adición de plastificante a biopolímeros modifica la organización tridimensional de la red de polímero, reduciendo las fuerzas intermoleculares de atracción, aumentando así

el volumen libre del sistema y dejando menos densa la matriz de las películas, con esto ocurre un aumento de la flexibilidad y extensibilidad. Sin embargo, su aumento puede resultar una reducción en las propiedades mecánicas de tracción de las películas y en algunos casos también en la reducción de la permeabilidad al vapor de agua. [13]

2.1.3. Efectos del plastificante sobre las propiedades del almidón

El almidón termoplástico puede obtenerse a partir de almidón nativo por la ruptura de gránulos almidón y plastificación. Este proceso se produce a través de la transformación de gránulos en un material homogéneo con la destrucción de los enlaces de hidrógeno entre las moléculas de almidón; y con la formación de enlaces hidrógeno entre las moléculas añadidas del plastificante y almidón. Esta plastificación, se puede lograr en la presencia de un plastificante apropiado mediante calor y en un proceso continuo, como la extrusión para obtener una fase fundida homogénea. El grado de gelatinización depende del contenido y el tipo de plastificante y en el procesamiento de parámetros tales como esfuerzo cortante, viscosidad en estado fundido, el tiempo de proceso y la temperatura. [23]

2.1.4. Análisis Reológico

La reología es la ciencia que se encarga del estudio de la deformación y del flujo de la materia sometida a un esfuerzo externo. El estudio reológico simula el comportamiento de la mezcla de polvo y ligante en el proceso de inyección, por lo que es muy importante llevar a cabo este análisis para evitar problemas en dicha etapa. Además, gracias a los análisis reológicos, se puede identificar cuál de las posibles mezclas estudiadas presenta las características más adecuadas para poder ser moldeada. [24]

El procesado de los polímeros se realiza en estado fundido, por lo que es necesario realizar un análisis de las propiedades reológicas de estos materiales para poder evaluar su procesabilidad. Los modelos reológicos de los polímeros, como el modelo de Cross-WLF, posibilitan predecir la respuesta viscoelástica de un material y simular el comportamiento del mismo cuando va a ser procesado. [25]

2.1.5. Caracterización de películas de almidón

2.1.5.1. Humedad

Según la norma INEN 1462. La humedad consiste en eliminar toda el agua libre de la muestra por volatilización. Para determinar el porcentaje de humedad se empleó la NORMA INEN 1462 Determinación de humedad en harinas. Primero se requiere estabilizar la estufa durante 45 min para alcanzar la temperatura de trabajo (105-130 °C).

Una vez que la estufa alcanza la temperatura necesaria se introdujo la cápsula, se calienta durante 1 hora y se deja enfriar. Se pesa 2 g de la muestra bien mezclada y se coloca en la cápsula para luego ser llevada a la estufa a 130 °C durante una hora. Se deja enfriar en un desecador hasta que alcanza la temperatura ambiente. Una vez enfriada la muestra se reporta el residuo de harina como cantidad de sólidos totales y pérdida de peso como humedad. [26]

2.1.5.2. Permeabilidad al vapor de agua

Según la norma ASTM E96. La permeabilidad al vapor de agua se define como la velocidad de transmisión de vapor de agua por unidad de área del material y por unidad de diferencia de presión parcial de vapor de agua, entre dos superficies específicas bajo determinadas condiciones de temperatura y humedad. [27]

2.1.5.3. Biodegradabilidad

La norma ASTM D-5488-94D, define biodegradable como capaz de sufrir descomposición a dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa, siendo el mecanismo predominante la acción enzimática de microorganismos, que puede medirse mediante ensayos estándar, en un periodo especificado de tiempo, que refleja las condiciones de eliminación disponibles. [28]

Capacidad intrínseca de un material para ser degradado por la acción natural de microorganismos (bacterias, hongos, algas), para obtener progresivamente una

estructura más simple. El material se convierte en dióxido de carbono, agua y/o metano y biomasa. En poco tiempo. [29]

- Descomposición aeróbica (con oxígeno):
CO₂ + H₂O + Sales minerales + biomasa
- Descomposición anaeróbica (sin oxígeno):
CO₂ + CH₄ + Sales minerales + biomasa

2.1.5.4. Ensayo de tracción

La resistencia a la tracción o tenacidad es el máximo esfuerzo que un material puede resistir antes de su rotura por estiramiento desde ambos extremos con temperatura, humedad y velocidad especificadas.

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la probeta.

Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. Para la resistencia a la tracción, el esfuerzo es la relación de la carga sobre el área de la sección transversal inicial y se expresa comúnmente en Pa (pascales). La extensión o aumento en longitud se expresa en porcentaje del largo inicial.

Muestra la resistencia a la tracción y la deformación a la rotura, respectivamente indican el máximo esfuerzo que el material puede soportar. [30]

2.1.6. Métodos de obtención de envases

2.1.6.1. Proceso de extrusión

Hace referencia a cualquier operación de transformación en la que un material fundido es forzado a atravesar una boquilla para producir un artículo de sección transversal constante y longitud indefinida. [31]

La extrusión consiste en hacer pasar bajo la acción de la presión un material termoplástico a través de un orificio con forma de hilera, de manera tal que el material adquiera una forma igual a la del orificio. El polímero es transportado desde la tolva, a través de la cámara de calentamiento, hasta la boca de descarga, en una corriente continua. A partir de gránulos sólidos, el polímero emerge de la matriz de extrusión en un estado blando. Como la abertura de la boca de la matriz tiene la forma del producto que se desea obtener, el proceso es continuo. Posteriormente se corta en la medida adecuada. Se usa normalmente con termoplásticos. [32]

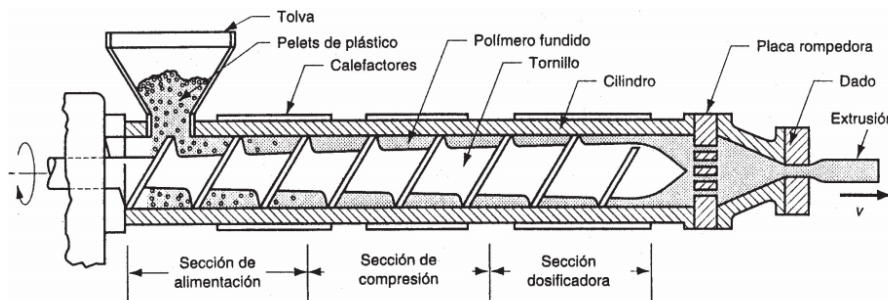


Figura 5 Esquema de una extrusora

2.1.6.2. Proceso de moldeo por inyección

El fundamento del moldeo por inyección es inyectar un polímero fundido en un molde cerrado y frío, donde solidifica para dar el producto. La pieza moldeada se recupera al abrir el molde para sacarla. Una máquina de moldeo por inyección tiene dos secciones principales, la unidad de inyección y la unidad de cierre. [33]

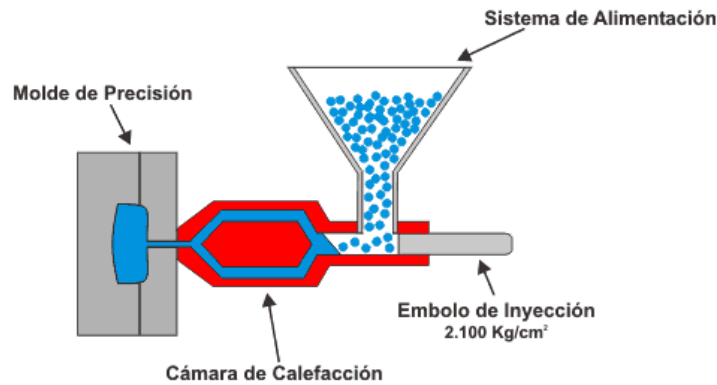


Figura 6 Esquema del sistema de inyección

2.1.6.3. Proceso de moldeo por soplado

Se introduce en el molde una preforma en forma de tubo reblandecido a través de un dosificador y, a continuación, se inyecta aire comprimido y esta se adapta a la forma interior del molde. Una vez enfriado se abre el molde y se extrae el objeto final.

Es un proceso usado para hacer formas huecas (botellas, recipientes). Un cilindro plástico de paredes delgadas es extruido y luego cortado en el largo que se desea. Luego el cilindro se coloca en un molde que se cierra sobre el polímero ablandado y le suprime su parte inferior cortándola. Una corriente de aire o vapor es insuflado por el otro extremo y expande el material hasta llenar la cavidad. El molde es enfriado para el fraguado. [34]



Figura 7 Esquema del sistema de soplado

2.1.7. Sistemas de producción

La dirección de operaciones se ocupa de los bienes y servicios que la gente compra todos los días. Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades mediante las cuales uno o varios insumos son transformados y adquieren un valor agregado, obteniéndose así un producto para un cliente. [35]

2.1.8. Planta Piloto

Las plantas piloto son instalaciones costosas, por lo que los hombres de negocio generalmente presionan para obviar esta etapa y acudir a otras vías para la adquisición de la información imprescindible para la actividad de diseño y proyecto. [36]

2.1.9. Calculo de área requerida

El primer paso al efectuar una distribución o redistribución de elementos en planta corresponde al cálculo de las superficies. Éste es un método de cálculo que para cada elemento a distribuir supone que su superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales que contemplan la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución o movimientos. [37]

2.1.9.1. Método Guerchet

Por este método se calcularán los espacios físicos que se requerirán para establecer la planta. Por lo tanto, se hace necesario identificar el número total de maquinaria y equipo llamados elementos estáticos o fijos (EF) y también el número de operarios y el equipo de acarreo, llamados elementos móviles (EM) Para cada elemento a distribuir, la superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales. [38]

- Superficie total = Sumatoria de todas las superficies
- $St = Ss + Sg + Se$

Superficie estática (Ss): Es la superficie correspondiente a los muebles, máquinas e instalaciones. Esta área debe ser evaluada en la posición de uso de la máquina o equipo, esto quiere decir que debe incluir las bandejas de depósito, palancas, tableros, pedales, etc., necesarios para su funcionamiento. [38]

- $SS = \text{Largo} \times \text{Ancho} = L \times A$

Superficie de gravitación (Sg): Es la superficie utilizada alrededor de los puestos de trabajo por el obrero y por el material acopiado para las operaciones en curso. Ésta superficie se obtiene para cada elemento multiplicando la superficie estática por el número de lados a partir de los cuales el mueble o la máquina deben ser utilizados. [38]

- $Sg = Ss \times N$

Siendo:

Ss = Superficie estática

N = número de lados

Superficie de evolución (Se): Es la superficie que hay que reservar entre los puestos de trabajo para los desplazamientos del personal, del equipo, de los medios de transporte, la manutención y para la salida del producto terminado. [38]

- $Se = (Ss + Sg) (K)$

Siendo:

K= (Coeficiente constante): Coeficiente que representa una medida ponderada de la relación entre las alturas de los elementos móviles y los elementos estáticos. [38]

$$K = \frac{h_{EM}}{2xh_{EF}}$$

Siendo:

$$h_{EM} = \frac{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n \times h}{\sum_{i=1}^r \text{Área}_i \times n}$$

- h_{EM} = Altura promedio ponderada de los elementos móviles
- r: variedad de elementos móviles
- A_i : superficie estática de cada elemento
- h: altura del elemento móvil
- n: número de elementos móviles de cada tipo

Siendo:

$$h_{EF} = \frac{\sum_{i=1}^t S_S \times n \times h}{\sum_{i=1}^t S_S \times n}$$

- h_{EF} : Altura promedio ponderada de los elementos fijos o estáticos
- t: variedad de elementos estáticos
- Ss: superficie estática de cada elemento

- h: altura del elemento estático
- n: número de elementos estáticos de cada tipo

Para el caso del cálculo de K, se puede utilizar como área ocupada por el trabajador 0.5 m² y una altura promedio de 1.65 m.

Se han estimado algunos valores de K para diferentes tipos de industria, que puede variar desde 0.05 a 3 dependiendo de la razón de la empresa, los cuales se citan a continuación: [38]

Tabla 7 Rango de estimación K

Tipo de industria	Rango de estimación K
Gran industria, alimentación	0.05 – 0.15
Trabajo en cadena con transportador mecánico	0.10 – 0.25
Textil-hilado	0.05 – 0.25
Textil-tejido	0.50 – 1.00
Relojería, joyería	0.75 – 1.00
Pequeña mecánica	1.50 – 2.00
Industria mecánica	2.00 – 3.00

Fuente: [39]

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

2.2. Marco Referencial

“OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ”

Según García A. (2015) en su investigación de obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz, se centra en un método de obtención (a escala de laboratorio) de un bioplástico a partir de almidón de maíz, que es un recurso natural renovable. Al material obtenido se le realizaron pruebas mecánicas y fisicoquímicas, para comprobar su resistencia y porcentaje de biodegradabilidad con el fin de demostrar que es un bioplástico y dar recomendaciones de los posibles usos industriales que pueda tener. [16]

De la elaboración del plástico biodegradable se determinó que la velocidad de secado y cantidades de almidón y glicerina son factores muy importantes, ya que afectan la elasticidad y estabilidad de la película a través del tiempo. Si el secado es rápido y a altas temperaturas se produce un material quebradizo, frágil; por otro lado si esta operación se realiza de forma gradual se obtiene una película elástica y sin cortes. En cuanto a la relación almidón/glicerina, al aumentar las proporciones de esta última en la formulación se obtenía un producto más elástico. En cuanto a las pruebas mecánicas, el bioplástico es un material débil a la resistencia tensil y, por ese motivo no es apto para aplicaciones que requieran una alta resistencia a la compresión. Sin embargo, puede usarse como material de empaque si este no se expone a altas temperaturas. [16]

BIOPLÁSTICOS, GUÍA PRÁCTICA – NÚMERO 2

De acuerdo con REMAR (Red Energía y Medio Ambiente, 2011) con la participación de 9 socios de las regiones de Navarra, Euskadi, La Rioja y Aquitania, el proyecto REMAR tenía como objetivo contribuir tanto a informar a los agentes de interés, y en general a la sociedad, como a identificar soluciones y promover cooperaciones transregionales para desarrollar soluciones innovadoras en 9 temáticas relacionadas con la energía y el medio ambiente. Se basa principalmente en la descripción de los tipos de bioplásticos y su situación en Europa, mencionando cuales son los aspectos medioambientales, certificaciones y normativas para los bioplásticos. [39]

DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA OBTENER PLÁSTICO BIODEGRADABLE (TPS) A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA *manihot sculenta*

Según lo mencionado por Angeles P. (2015) el diseño de un proceso industrial para producir plástico biodegradable (TPS, siglas del inglés Thermoplastic Starch) a partir del almidón de yuca *manihot sculenta*, ha sido el objetivo principal para el desarrollo del presente trabajo de investigación como una forma de solucionar la problemática de contaminación ambiental generada por los plásticos. Para lograr el objetivo propuesto Richard Turton que permitió resolver los objetivos específicos a cumplir bajo un enfoque sistémico, jerárquico y sostenible del diseño del proceso industrial durante la aplicación de las herramientas de la ingeniería química para el diseño de procesos. se

analizaron las entradas y las salidas utilizando un diagrama nube, se determinaron las propiedades físicas de los materiales, la cinética de reacción, termodinámica del proceso, selección y diseño del proceso, diagrama de flujo y diagrama de bloques del proceso, balance de materiales, balance de energía, selección de la maquinaria y equipos, y sistema de control automático del proceso. [40]

BIOPLASTICOS

De acuerdo con el Centro Tecnológico De España (FEDIT, 2007) el informe describe aspectos importantes para la industria como son las tecnologías para la producción comercial de bioplásticos, que esencialmente son las mismas que para los plásticos convencionales con ligeras modificaciones en los parámetros de procesado. Este aspecto es muy relevante para que los bioplásticos puedan llegar a alcanzar cuotas importantes de mercado, ya que la inversión en nueva maquinaria de procesado no supone una barrera para su introducción en el mercado. Se analiza el mercado de los bioplásticos describiendo oportunidades y limitaciones, aplicaciones actuales y potenciales, así como la evolución del consumo en los últimos años (2000-2005) y las previsiones para el año 2010 tanto en Europa Occidental como América del Norte y la región Asia-Pacífico. En este aspecto, cabe destacar que el mercado de bioplásticos ha experimentado un importante crecimiento en los últimos años si bien la base inicial de crecimiento es baja. En el año 2005 el mercado global de bioplásticos se estimó en 94.800 toneladas esperándose crecimientos anuales del 17,7% hasta el año 2010. Por tipo de polímero, los bioplásticos basados en almidón fueron en el año 2005 los más consumidos con un 47% del volumen global de bioplásticos. En cuanto a previsiones de crecimiento, el PLA es el que presenta las mayores. [41]

ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE MEZCLAS DE ALCOHOL POLIVINÍLICO, ALMIDÓN DE YUCA-SORBITOL OBTENIDAS POR CASTING

En el estudio realizado por Valencia A, Rivera C y Murillo E. (2013) las diferentes mezclas de alcohol polivinílico (PVA), almidón y sorbitol fueron preparadas por un proceso de casting. La proporción de PVA y almidón empleada para preparar las mezclas fueron las siguientes: PVAA-1 (10 % PVA-90 % almidón), PVAA-2 (25 %

PVA-75 % almidón), PVAA-3 (40 % PVA-60 % almidón) y PVAA-4 (55 % PVA-45 % almidón). En todos los casos la proporción de sorbitol fue mantenida constante (6%). Las propiedades estructurales de los materiales fueron estudiadas por análisis Arman, las propiedades térmicas, fueron estudiadas por calorimetría de barrido diferencial (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA). El estudio de biodegradabilidad, fue llevado a cabo a temperatura ambiente en presencia y ausencia de sol y lluvia. Por análisis Raman se evidenció que para las mezclas, la señal asignada a la adsorción del grupo OH fue de diferente intensidad. El valor de la temperatura de transición vítrea de las mezclas fue menor que la del PVA, cuando la proporción de PVA fue de 10 y 25 % (mezclas PVAA-1 y PVAA-2); pero cuando esta proporción fue de 40 y 55% (muestras PVAA-3 y PVAA-4), la temperatura de transición vítrea fue mayor que la del PVA. La temperatura inicial de descomposición de las mezclas incrementó con el contenido de PVA. Mediante análisis Raman, DSC y TGA se evidenció que el PVA interaccionó con el almidón. Todas las muestras exhibieron biodegradación bajo las diferentes condiciones empleadas en este estudio. [42]

DEGRADABILIDAD DE UN POLÍMERO DE ALMIDÓN DE YUCA

Según Ruiz G, Montoya C y Paniagua M. (2009) el uso de materiales poliméricos se ha incrementado debido a sus buenas propiedades y bajo costo, como resultado, la cantidad de estos materiales que llega a los rellenos sanitarios ha aumentado hasta llegar hoy en día al 30 %. Como una solución a este problema, se han desarrollado los polímeros biodegradables, que en comparación con los sintéticos son degradados en el ambiente al ser expuestos a ciertas condiciones en un tiempo más corto. En esta investigación se estudia la degradabilidad de un polímero fabricado con almidón de yuca, para esto se hace una caracterización del material y se somete a diferentes medios como agua dulce y salada, luz solar y la simulación de un relleno sanitario por varios períodos. Para determinar la degradabilidad del material se midió el porcentaje de mineralización, así como cambios en las propiedades mecánicas, morfología superficial, absorbancia en IR y pérdida de peso, dependiendo del tipo de medio. De los resultados obtenidos se encontró que el polímero es degradado al estar sometido a la simulación de relleno sanitario, agua salada y, en menor medida, a la luz solar, en tanto que en el agua dulce el polímero no se degrada. [43]

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en la Av. Quito Km 11/2 vía Santo Domingo de los Tsáchilas, Laboratorios de Agroindustria.

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Descriptiva

Se detallaran cada una de las propiedades y características importantes de los factores a estudiar.

3.2.2. Experimental

Se realizó mediante el proceso de obtención de bioplástico a partir de almidones para la elaboración de envases biodegradables, se manipuló las variables planteadas y se priorizó las actividades para la obtención de los envases.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Inductivo

Se empleó mediante un diseño experimental el cual va a permitir analizar los factores para la elaboración de envases a partir de un bioplástico basado en materias primas vegetales.

3.3.2. Deductivo

Para este método se usó diseño experimental deduciendo las variables para los factores de estudio teniendo en consideración el o los mejores tratamientos en estudio y a su vez establecer que las materias primas vegetales son una nueva alternativa la obtención de

envases bioplásticos, los cuales serán atractivos para el consumidor implantando nuevas líneas de producción, disminuyendo la contaminación por el uso de los plásticos derivados del petróleo.

3.3.3. Analítico

Se empleó mediante un diseño experimental el cual permitió analizar factores de estudio para la elaboración de envases bioplásticos, los cuales conllevaron a conocer los efectos de la experimentación por cada tratamiento realizado y determinar el mejor.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Se han utilizado referencias bibliográficas en fuentes secundarias como documentos, artículos científicos y tesis similares en temas relacionados de obtención de bioplástico a partir de materias primas vegetales.

- Búsqueda de repositorios académicos
- Búsqueda de Google Académico

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Diseño experimental

Para el estudio experimental del procesos de obtención de envases bioplásticos en esta investigación, se aplicó un diseño factorial (A*B) A=2 B=3 dando un total de 6 tratamientos que fue sometido a 3 repeticiones, en esta fase investigativa se aplicó 2 tipos de almidones (maíz y yuca) y tres tipos de plastificantes (glicerina, alcohol polivinílico y urea) a continuación en la tabla 8, se muestra el diseño.

Tabla 8 Descripción de los factores de estudio que intervienen en el proceso de obtención de bioplástico para la elaboración de envases

Factores	Simbología	Descripción
Factor A	a_0	Maíz
Almidones	a_1	Yuca
Factor B	b_0	Glicerina
Plastificantes	b_1	Alcohol polivinílico
	b_2	Urea

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

3.5.2. Evaluación del rendimiento de la materia prima

Se aplicó un balance de materia para determinar el rendimiento con la finalidad de generar información necesaria para la elaboración del proyecto.

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Diseño estadístico de la investigación

Tabla 9 Esquema de análisis de varianza de elaboración de bioplástico

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD
Replica	2
Factor A (Almidones)	1
Factor B (Plastificantes)	2
A*B	2
Error experimental	10
TOTAL	17

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Tabla 10 Características del experimento de elaboración de bioplástico

Número de tratamientos	6
Número de repeticiones	3
Unidades experimentales	18

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

3.7. Tratamientos de la investigación

En los tratamientos se combinaron todos los niveles de factores de estudio: Factor A (a_0 = maíz, a_1 = yuca); Factor B (b_0 = glicerina, b_1 = PVA, b_2 = urea) según el diseño, a primera instancia se presenta el diseño de obtención de bioplástico, el cual presenta la relación entre los factores variedad de almidones como materias primas vegetales y plastificantes.

Tabla 11 Combinación de los tratamientos para la elaboración de bioplástico

N°	Simbología	Descripción
1	a_0b_0	Almidón de Maíz + glicerina
2	a_0b_1	Almidón de Maíz + alcohol Polivinílico
3	a_0b_2	Almidón de Maíz + Urea
4	a_1b_0	Almidón de Yuca + glicerina
5	a_1b_1	Almidón de Yuca + alcohol Polivinílico
6	a_1b_2	Almidón de Yuca + Urea

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

3.7.1. Variables de estudio

Las siguientes variables son de vital importancia en el estudio de la materia prima aplicada para la obtención del bioplástico.

3.7.1.1. Variables independientes

Se midieron para elaborar las láminas de bioplástico bajo diferentes porcentajes de contenido de material

- Masa (Almidones de maíz y yuca e urea)
- Volumen (Glicerina y PVA)
- Temperatura

3.7.1.2. Variables dependientes

Estas variables se midieron una vez que se ha obtenido el bioplástico para determinar la calidad y semejanza con los plásticos tradicionales

- Humedad
- Resistencia a la tracción
- Tiempo

3.8. Talento humano, materiales y equipos

3.8.1. Talento humano

En la ejecución de esta investigación intervino el director de proyecto de investigación y los estudiantes egresados de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo que desarrollaron el trabajo mencionado.

3.8.2. Materiales y equipos

Se presenta en forma detalla la lista de materiales y equipos utilizados en la realización de la investigación:

Materiales	Equipos	Otros	Reactivos
Guantes, mascarillas, mandil.	Estufa	Cámara fotográfica	Agua destilada
Recipientes de acero inoxidable.	Termómetro TRACEABLE	Computadora	Glicerina
Tamiz	Balanza eléctrica OHAUS	Flash memory	Alcohol Polivinílico
Recipientes de aluminio	Potenciómetro	Etiquetas	Urea
		Marcadores	

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

3.8.3. Procedimientos

3.8.3.1. Obtención de bioplástico en escala de laboratorio

Tabla 12 Especificación de cantidad de material usado en los tratamientos

Materiales	Almidón de maíz (gr)	Almidón de yuca (gr)	Agua Destilada (ml)	Glicerina (ml)	PVA (ml)	Urea (gr)
Cantidad	15	15	100	15	15	5

Elaborado por: Angueta M; Giraldo L. (2019)

Colocar en orden cada una de las proporciones mencionadas anteriormente en una olla, primero el almidón y el agua destilada, mezclar bien y posteriormente se agrega el plastificante. Se ubica a fuego lento sin dejar hervir la mezcla ni pasar los 75 °C, agitar continuamente hasta que la mezcla esté viscosa. Si la viscosidad se torna alta, adicionar de 2 a 5ml de NaOH AL 0.1M para disminuirla.

Una vez obtenida la masa, verterla encima de papel aluminio esparciéndola alrededor de manera que al secarse queden como laminas. Una vez culminado este proceso se procede a llevar al deshidratador con una temperatura de 60 °C por 4 horas o hasta que se alcance el porcentaje de humedad deseado.

3.8.3.2. Determinación del porcentaje de Humedad

Se determina la cantidad de agua presente en la lámina de muestra pesando las láminas de bioplástico deshidratadas, este método se basa en la pérdida de peso de la muestra al momento de llevarla al deshidratador.

La fórmula a utilizar para determinar el porcentaje de humedad se muestra a continuación:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso final}} * 100$$

3.8.3.3. Determinación de la resistencia a la tracción

Las medidas llevadas a cabo se realizaron aplicando un esfuerzo a varias láminas de 5x6 cm, la siguiente formula permite el cálculo de este parámetro.

$$\text{Resistencia a la tracción (Pa)} = \frac{\text{fuerza necesaria para romper la muestra (N)}}{\text{area de la seccion transversal (m}^2\text{)}}$$

3.8.4. Procedimiento para disolver el alcohol polivinílico

La disolución del alcohol polivinílico debe hacerse con cuidado porque si se añade el alcohol al agua se forman grumos muy difíciles de disolver. Es conveniente utilizar un agitador magnético con calefacción o un baño maría con agitación manual mediante una varilla de vidrio, sin que se llegue a superar los 80-90 °C (no debe hervir el agua) y añadir el alcohol de poco en poco hasta que este se disuelva. Este proceso lleva un tiempo que puede llegar hasta una media hora. Una vez preparada dejamos enfriar. Una vez formada la disolución separamos las masas gelatinosas que se hayan podido formar y que no se han solubilizado para evitar atascar las pipetas.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Estudio de la influencia de almidón de maíz y al almidón de yuca como materia prima y la utilización de glicerina, PVA y urea como material plastificante en la elaboración de bioplástico

4.1.1. Balance de materia del proceso para obtención de láminas de bioplástico

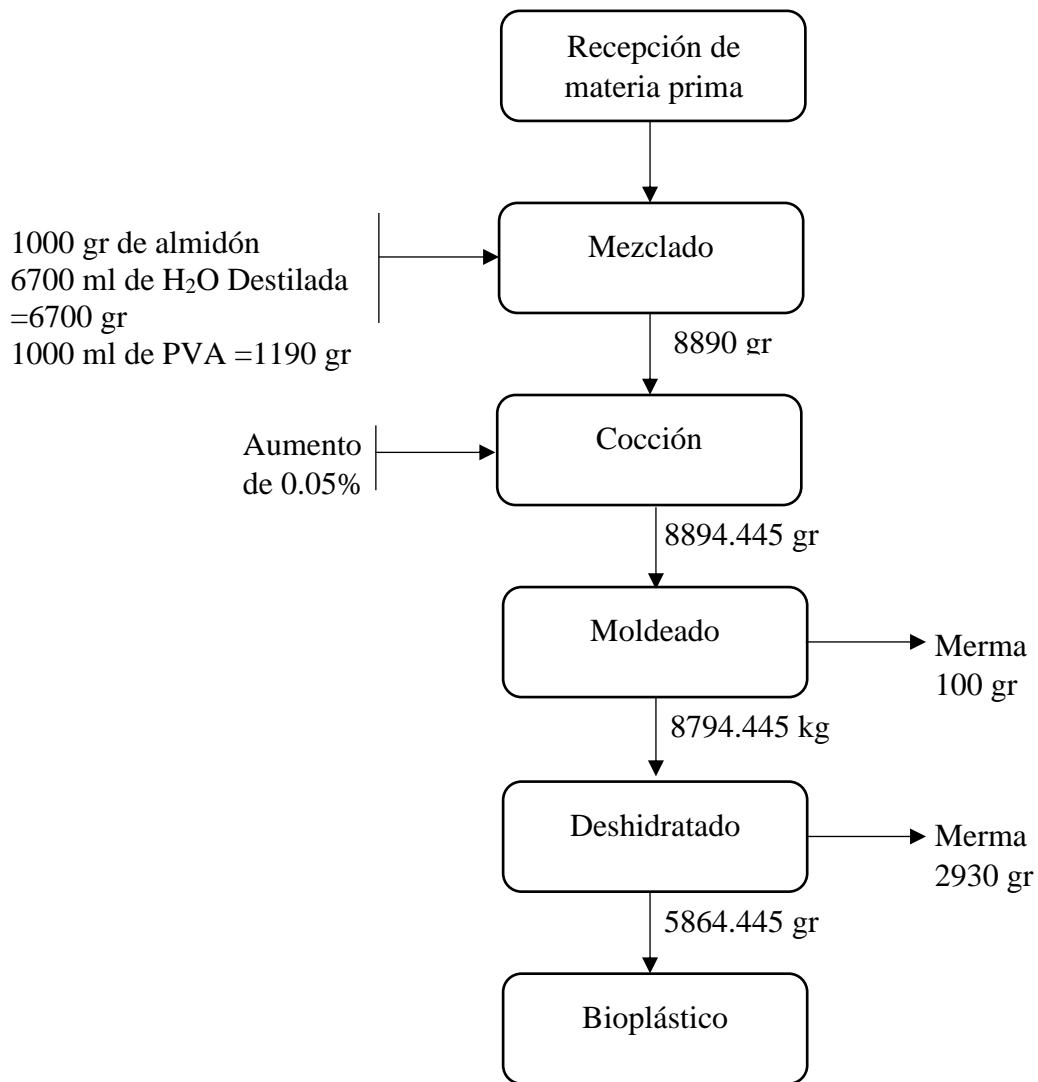


Figura 8 Balance de materia del proceso de obtención de bioplástico
Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

En el balance de materia existen pérdidas en la fase de cocción, moldeado y deshidratado siendo el más relevante el último proceso mencionado con 2930 gr, como criterio de evaluación se determinó el rendimiento del proceso, considerándose para la escala de laboratorio un rendimiento $\geq 60\%$ como aceptable, para volúmenes entre 50 y 100 ml de muestra **Fuente especificada no válida.**

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{salida}}{\text{entrada}} * 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{8794.445 \text{ gr}}{5864.445 \text{ gr}} * 100 = 66.68$$

Obteniéndose un rendimiento del 66.68 % se considera como aceptable debido a que se encuentra dentro del criterio establecido.

Tabla 13 Materiales e insumos utilizados en la elaboración de bioplástico

MATERIALES	CANTIDAD	PORCENTAJE
Almidón	1000 gr	11.5 %
Agua destilada	6700 ml = 6700 gr	77%
PVA	1000 ml = 1190 gr	11.5%
Total	8890 gr	100%

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.1.2. Resultados de la caracterización de láminas de bioplástico obtenidas

4.1.2.1. Humedad

Tabla 14 Análisis de Varianza para % Humedad

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Almidones	220.5	1	220.5	5.91	0.0354
B:Plastificantes	378.221	2	189.111	5.07	0.0302
C:Réplicas	70.5911	2	35.2956	0.95	0.4206
INTERACCIONES					
AB	28.7033	2	14.3517	0.38	0.6904
RESIDUOS	373.256	10	37.3256		
TOTAL (CORREGIDO)	1071.27	17			

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) - Statgraphics

Interpretación: en la tabla ANOVA, 2 valores-P son menores que 0.05, por lo tanto se encontró efecto estadísticamente significativo en los factores A y B en lo que respecta al porcentaje de Humedad, mientras que en la interacción no existió diferencia significativa, con respecto a las repeticiones no se encontró diferencia significativa, por lo tanto se asume que existió normalidad en la toma de datos.

4.1.2.2. Resistencia a la tracción

Tabla 15 Análisis de Varianza para Resistencia a la tracción

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Almidones	0.00268889	1	0.00268889	13.44	0.0043
B:Plastificantes	0.0212333	2	0.0106167	53.08	0.0000
C:Réplicas	0.0004	2	0.0002	1.00	0.4019
INTERACCIONES					
AB	0.0204778	2	0.0102389	51.19	0.0000
RESIDUOS	0.002	10	0.0002		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0468	17			

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) - Statgraphics

Interpretación: en la tabla ANOVA existen 3 valores-P que son menores que 0.05, por lo tanto; los almidones, plastificantes y la interacción de estos (A*B) tienen un efecto estadísticamente significativo con respecto a la Resistencia a la tracción. En cuanto a las repeticiones no se encontró diferencia significativa, por lo tanto se asume que existió normalidad en la toma de datos.

4.1.3. Resultados del estudio de distintos almidones y tres tipos de plastificantes para la obtención de bioplástico mediante (Pruebas de Tukey, $P < 0,05$)

4.1.3.1. Comparación de dos tipos de almidones

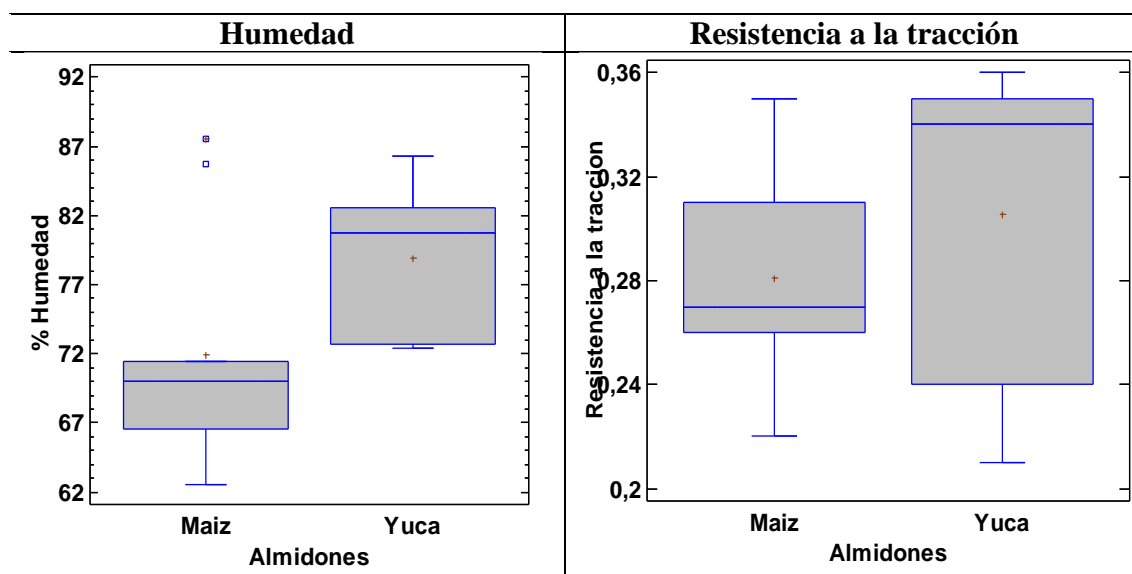


Figura 9 Prueba tukey ($p < 0.05$) para los niveles del factor A (Almidones)

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) - Statgraphics

En la figura 9 muestra que el valor más bajo de humedad se encuentra en el almidón de maíz y el valor más alto en el almidón de la yuca.

En cuanto a la resistencia a la tracción nos indica menor resistencia con almidón de maíz y una alta resistencia con el almidón de la yuca.

4.1.3.2. Resultado con respecto a la evaluación de Plastificantes

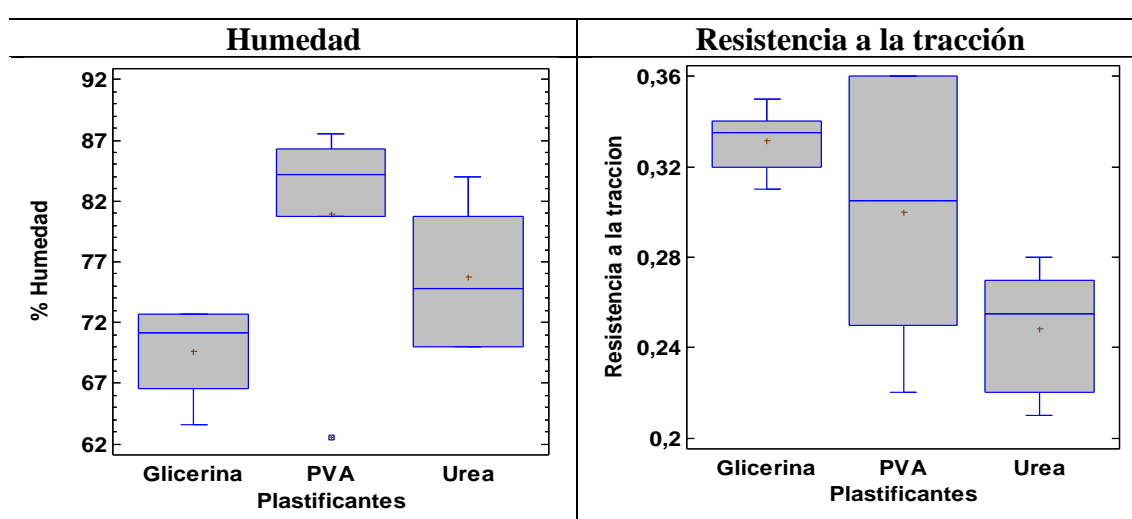


Figura 10 Prueba tukey ($p < 0.05$) para los niveles del factor B (Plastificantes)

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) - Statgraphics

En la figura 10 muestra los resultados para los niveles del factor B (plastificantes), el valor más bajo en pérdida de humedad se encuentra con la glicerina lo que implica un producto gomoso y un alto porcentaje de pérdida de humedad aplicando PVA.

Con respecto a la resistencia a la tracción existe una diferencia entre los distintos plastificantes utilizados, dando como resultado el de menor resistencia si se utiliza urea y el más alto aplicando glicerina.

4.1.4. Discusión

Se obtuvo un rendimiento en la elaboración de bioplástico del 66.68%, debido a que al pasar por el deshidratado este pierde humedad, en las muestras tomadas de la interacción AxB hubo una pérdidas de 19.12 % - 21.08 % trabajando con almidón de yuca y alcohol polivinílico, este tratamiento tuvo características similares a la investigación reportada por Escobar [44], quien usando temperaturas mayores a la 70° Celsius en su estudio obtuvo una pérdida de humedad del 19.3% y 22.1 %. En cuanto a la resistencia del material en la interacción A*B se obtuvo que la interacción con menor resistencia a la tracción fue el tratamiento yuca y urea con una media de 0.22 MPa, en cuanto a la interacción yuca y PVA alcanzo una resistencia de mayor valor con una media de 0.36 MPa, sin embargo la resistencia alcanzada supera la de Granda y Ramos [45], que en su estudio la mayor resistencia a la tracción conseguida fue de 0.17 MPa, esto debido a que una resistencia mecánica cuando se aumenta el porcentaje de plastificante radica en la reducción de las fuerzas intermoleculares de las moléculas poliméricas del almidón generando una reducción de su rigidez y de su resistencia.

4.2. Parámetros óptimos para la fabricación de bioplásticos mediante análisis reológico del biopolímero.

Una vez realizado el análisis reológico se estableció que la combinación que brinda mejores características al plástico obtenido fue el almidón de yuca y alcohol polivinílico, por lo tanto, este bioplástico será el usado para la producción de envases. A continuación se especifica la ficha técnica del material elaborado para establecer similitudes con los plásticos convencionales:

Tabla 16 Ficha técnica del Bioplástico

FICHA TÉCNICA DE BIOPLÁSTICO	
Origen	Fusión de almidón + PVA
Transparencia	Semi - Transparente
Solubilidad	Agua
Resistencia al agua	Regular
Humedad	20%
Densidad (g/cc)	1.2 – 1.35
Resistencia a grasas y aceites	Regular
Barrera a gases	Buena
Resistencia a la luz solar	Regular
Temperatura de trabajo normal	60 a 90 °C
Temperatura de sellado	>150 °C
Procesos	Extrusión, compresión e inyección
Aplicaciones	Bandejas, envases, tapas
Resistencia a la tracción (MPa)	35
Elongación %	27
Temperatura de trabajo	65 -110 °C
Temperatura de fusión Kg	64 – 110 °C

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

A continuación se detallan las fichas técnicas de los principales plásticos en el mercado:

Tabla 17 Ficha técnica del polipropileno

FICHA TÉCNICA DE PLÁSTICOS		
Nombre	POLIPROPILENO	
Origen	Polimerización del polipropileno	
Transparencia	Transparente a translúcido	
Solubilidad	Cloroformo, xileno, tricloroetileno	
Resistencia al agua	Excelente	
Resistencia a ácidos	Buena	
Resistencia al álcalis	Buena	
Resistencia a grasas y aceites	Buena	
Temperatura de sellado	Regular	
Procesos	Estándar 18 a 150 °C	
	Biorientado 50 a 140 °C	
Aplicaciones	Estándar 140 a 205 °C	
	Biorientado 140 a 160 °C	
Impresión	Extrusión, inyección, termoformado, soplado	
	No orientado	Orientado
Fuerza de tensión máx. 100 Lb/pulg²	30 – 90	25 - 30
Elongación %	400 – 800	60 – 100
Resistencia al desgarre gr/cm	40 – 330	4 – 6
Resistencia al doblamiento; No. Dobleces X 10	Muy alta	Buena
Resistencia al impacto Kg/cm	1 - 3	5 - 15

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Tabla 18 Ficha técnica del poliestireno

FICHA TÉCNICA DE PLÁSTICOS	
Nombre	POLIESTIRENO
Origen	Polimerización del estireno
Transparencia	PS uso general: transparente PS alto impacto: opaco
Solubilidad	Benceno y cloruro de metileno
Resistencia al agua	Buena
Resistencia a ácidos	Buena
Resistencia al álcalis	Buena
Resistencia a grasas y aceites	Regular
Barrera a gases	Mala
Resistencia a la luz solar	Regular
Temperatura de trabajo normal	PS uso general: -18 a 90 °C PS alto impacto: -28 a 85 °C
Temperatura de sellado	120 a 175 °C
Procesos	Extrusión, inyección, termoformado, soplado
Aplicaciones	Bandejas, envases, tapas, termoformado ³
Impresión	Tintas especiales
Fuerza de tensión máx. 100 Lb/pulg²	Orientado 80 - 120
Elongación %	Orientado 3 - 50
Resistencia al desgarre gr/cm	Orientado 4 - 30
Resistencia al impacto Kg/cm	Orientado 1 – 5

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.2.1. Discusión

De acuerdo a ENVAPACK [46] en sus fichas técnicas describe las características de los plásticos convencionales para la elaboración de envases dando como resultado una excelente resistencia al agua, buena resistencia a los ácidos y álcalis. Su campo de aplicación es muy amplio gracias a sus buenas características mecánicas y puede ser aplicada a procesos de extrusión, inyección, termoformado y soplado, tomando en cuenta este criterio y los resultados obtenidos del análisis reológico se estableció una comparación del material obtenido con los convencionales determinando los siguientes parámetros para la fabricación de bioplásticos, donde el origen de este material es la fusión de almidón de yuca y alcohol polivinílico (PVA) con una resistencia regular al agua y un porcentaje de 20% de humedad. Este bioplástico es para usos en proceso de termoformado, extrusión e inyección para envases, donde su temperatura de trabajo y fusión oscilan entre 65° a 110° Celsius. Estas características se asemejan a las descritas en el informe por la guía de bioplásticos [39], donde las propiedades para la selección del material derivados de almidón son de una densidad de 1.2 – 1.35 g/cc, temperatura de fusión de 64° a 110° Celsius y tienen una baja permeabilidad al agua y una alta permeabilidad al oxígeno y su procesabilidad es la misma que esta investigación.

4.3. Determinar el sistema de producción de bioplástico para la elaboración de envases a nivel piloto

Tabla 19 Datos relevantes

Tipo de bioplástico	Derivado de almidón y PVA
Materia prima	Almidón de yuca, agua destilada, alcohol polivinílico
Variedad de almidón	INIAP – Portoviejo 651
Producción de yuca	9 – 10 ton/ha
Producción de almidón	100 kg/ton de raíz

Elaborado por: Angueta M, Giraldo L. (2019)

4.3.1. Producción nacional de envases

Según los datos obtenidos del banco central del Ecuador la producción nacional de plástico ha ido en incremento acelerado, como vemos en la tabla 20, la cual muestra las

toneladas procesadas de los últimos 5 años, desde el 2014 hasta el 2018, podemos apreciar que existe un incremento promedio del 5% respecto a los años anteriores. Esta producción nacional está orientada principalmente a la elaboración de envases.

Por otro lado, a estos datos históricos de producción viene incluido el hecho de que, Ecuador genera al año cerca de 4 millones de toneladas de residuos sólidos, de los cuales el 25% es material potencialmente reciclable como el plástico. [47]

Tabla 20 Producción anual

AÑO	TONELADAS
2014	600.618
2015	634.017
2016	640.447
2017	689.427
2018	654.753
Total	3.089.262

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)


Fuente: Banco Central del Ecuador

Luego de haber descrito la situación de los últimos cinco años en la producción de plásticos y la obtención de bioplástico a nivel experimental; se realiza el diseño de la planta piloto que se propone implementar, la descripción del proceso productivo de obtención de bioplástico y fabricación de envases, la inversión para su implementación, además de los precios finales de los vasos de este material.

4.3.2. Diseño del producto

Tabla 21 Ficha técnica del producto

<i>Ficha técnica de envase biodegradable</i>	
<i>Descripción del producto</i>	Producto 100% biodegradable elaborada con materia prima de origen vegetal y renovable, el cual será utilizado para contener varios tipos de elementos. Es parte esencial del sector comercial, ya que es un recipiente o soporte que contiene o guarda un producto, protege la mercancía, facilita su transporte, ayuda a distinguirla de otros artículos y presenta el producto para su venta. Este producto contribuye con el cuidado del medio ambiente.

<i>Medidas e imagen referencial</i>	
<i>Capacidad</i>	200 ml o 200gr
<i>Peso</i>	2.4 gr c/u
<i>Empaquetado</i>	El contenido de un paquete es de 50 vasos – 120 gr
<i>Caja</i>	Contendrá 60 paquetes de vasos, con un total de 3000 unidades – 8.20 Kg
<i>Pallet</i>	Contendrá un total de 24 cajas, con un total de 72000 unidades – 200 Kg
<i>Vida Útil</i>	180 días aproximadamente

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

El diseño del producto nace como una posible solución para reemplazar el plástico tradicional, al existir una baja oferta sobre productos biodegradables surge la necesidad de crear un mercado con una demanda en la producción de envases amigables con el medio ambiente y que satisfaga las necesidades del mercado, pero el diseño de un nuevo sistema de producción y de producto se origina por la necesidad de dar solución inmediata a la contaminación que los productos tradicionales generan y el bajo aprovechamiento de materia prima vegetal disponible dentro del sector .

Una vez argumentada la problemática, es donde surge la alternativa de diseño de envases biodegradables, donde las características de este material son similares a las de los plásticos convencionales en cuanto a resistencia a la tracción, elasticidad, transparencia con la única diferencia que tienen el potencial de biodegradarse.

La finalidad de este producto es el uso de materiales orgánicos, dando como resultados una economía circular, es decir, llevar los materiales utilizados a su ciclo inicial permitiéndolo ser utilizado como abono y no generar contaminación.

4.3.2.1. Economía Circular

Se diseña un sistema de producción donde se especifica el suministro de la materia prima utilizados para elaborar el bioplásticos y envases derivados de este, los mismos que al convertirse en residuos, una vez que han sido consumidos, pasan al ciclo de compostaje donde son utilizados como abono para la tierra donde se sembraran nuevas plantas de mandioca, tal como se muestra en la figura 11.

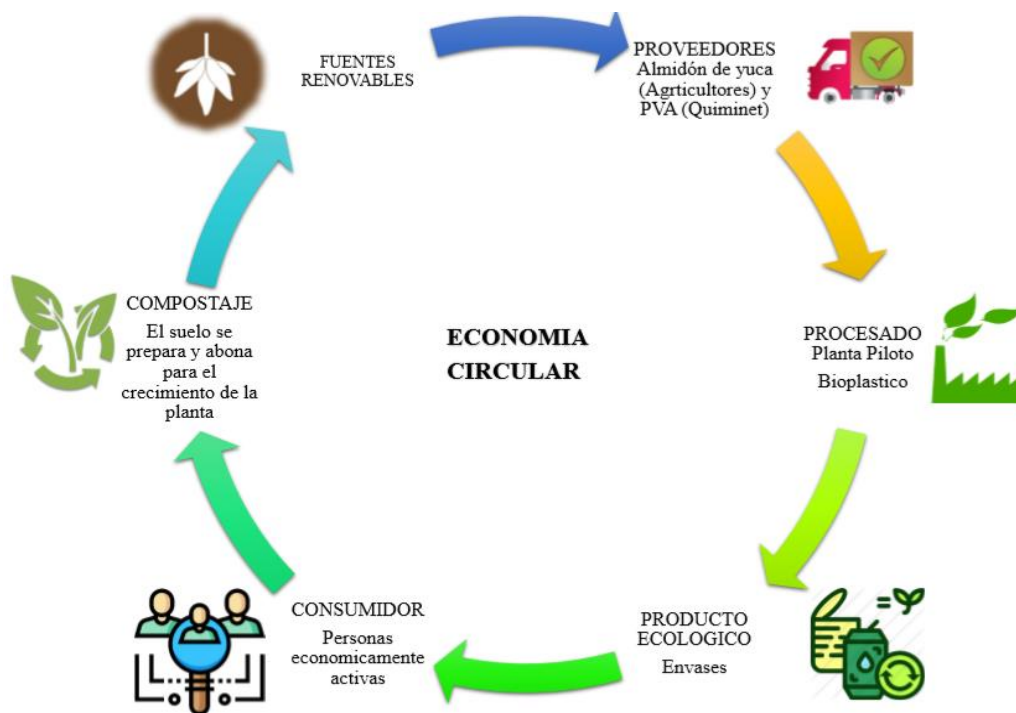


Figura 11 Economía circular de envases bioplásticos
Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.3. Diseño del proceso

A continuación se presenta cada una de las actividades que van a intervenir en el proceso productivo para la elaboración de material bioplástico a partir de materias primas vegetales y en secuencia la fabricación de envases.

4.3.3.1. Flujograma del proceso

El proceso para la elaboración de material bioplástico y la fabricación de envases se muestra en la figura

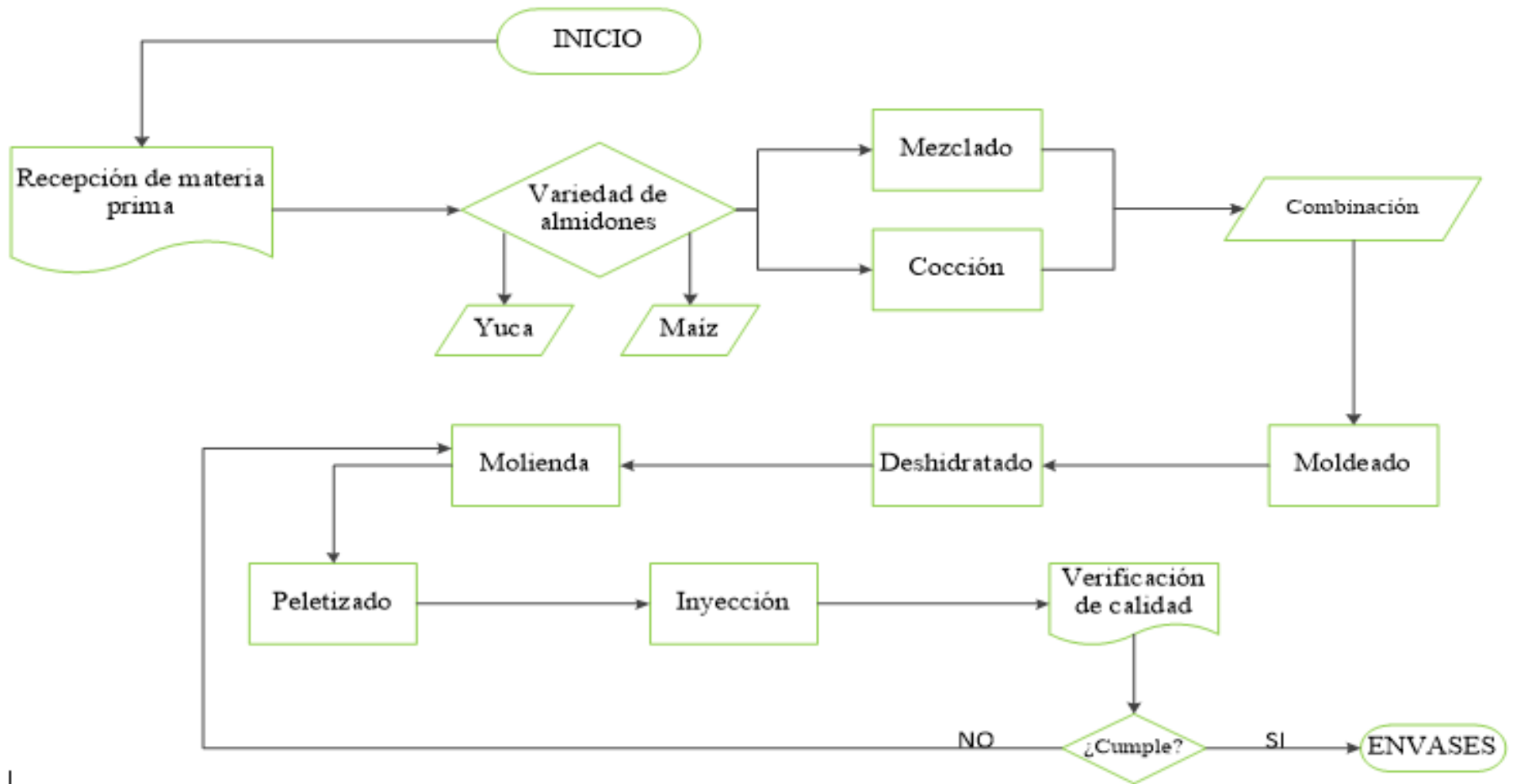


Figura 12 Flujograma de procesos de fabricación de envases

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) – Visio

Tabla 22 Diagrama de flujo del proceso de fabricación de envases

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN								
PÁGINA 1 DE 1		FECHA:						
DIAGRAMA N°: 001		PROCESO: FABRICACIÓN DE ENVASES BIOPLÁSTICOS						
RESUMEN		Operación	Transporte	Alma	Inspección	Demora		
CANTIDAD TOTAL:		8	2	2	4			
DISTANCIA (mtr)								
TIEMPO TOTAL		1 días 4h42	35 min	40 min	2h31			
ACTIVIDAD		SIMBOLOGIA					TIEMPO (minutos)	OBSERVACIONES
		Operación	Transporte	Almacena miento	Inspección	Demora		
1	RECEPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.	○	→	▼	□	⌋	30	Compra de materiales
2	TRASLADO DE LA MATERIA PRIMA.	○	→	▽	□	⌋	5	
3	MEZCLAR MATERIA PRIMA	●	→	▽	□	⌋	10	
4	INSPECCIONAR MEZCLA	○	→	▽	■	⌋	10	
5	COCCIÓN DE LA MEZCLA	●	→	▽	□	⌋	15	
6	INSPECCIONAR COCCIÓN MEZCLA	○	→	▽	■	⌋	15	
7	MOLDEADO	●	→	▽	□	⌋	10	
8	TRANSPORTAR A DESHIDRRATADOR	○	→	▽	□	⌋	10	
9	DESHIDRATACIÓN	●	→	▽	■	⌋	1440	30 min insp
10	TRANSPORTAR A EXTRUSORA	○	→	▽	□	⌋	10	
11	EXTRUSIÓN	●	→	▽	□	⌋	20	
12	TRANSPOTAR A PELETIZADORA	○	→	▽	□	⌋	10	
13	PELETIZADO	●	→	▽	□	⌋	60	
14	TRANSPORTA A MOLDEO POR INYECCIÓN	●	→	▽	□	⌋	60	
15	INYECCIÓN	●	→	▽	□	⌋	90	
16	VERIFICACIÓN DEEE CALIDAD Y CANTIDAD	○	→	▽	■	⌋	60	Pruebas de resistencia
17	ALMACENAJE DE PRODUCTO TERMINADO	○	→	▼	□	⌋	10	
TOTAL							1865	

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.4. Descripción del proceso de producción

El almidón de yuca que será procesado en la planta piloto es producido en Ecuador, principalmente en zonas trópicas como la provincia de Los Ríos y Santo Domingo. Cabe indicar que también se puede hacer una alianza comercial con el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) para brindar a las comunidades campesinas el tipo de variedad de yuca que ellos producen debido a que su rendimiento de almidón es elevado.

4.3.4.1. Recepción de materia prima

Se receiptan y se almacena el almidón de yuca.

4.3.4.2. Traslado de almidones

Se traslada los almidones a la bodega de materiales.

4.3.4.3. Mezclado – cocción

Se procede a mezclar el almidón con las sustancias de agua destilada y PVA pasado previamente por el reactor autoclave, se calienta la mezcla a una temperatura de 70° a 80° grados Celsius en una olla de teflón hasta obtener una pasta homogénea.

4.3.4.4. Moldeado

Se coloca la masa en moldes respectivos, hasta formar láminas finas.

4.3.4.5. Deshidratado

El material ingresa a un túnel de secado a una temperatura de 70° Celsius para extraer la humedad y así conseguir formar el bioplástico.

4.3.4.6. Molienda

Las láminas de material se trituran hasta reducir su tamaño de tal forma que facilite su paso por la peletizadora.

4.3.4.7. Peletizado

Se inserta la materia prima a una alimentadora que introduce el material a dos tornillos sin fin a 120° Celsius, los cuales los traslada a una malla estandarizada produciendo los pellets de bioplástico.

4.3.4.8. Extrusión

Ingresa el pellet por dos tornillos sin fin a una temperatura de fundición de 150° Celsius para que la pasta se compacte y forme burbujas para conseguir el bioplástico en forma de láminas.

4.3.4.9. Termoformado

Se coloca los rollos de bioplástico producidos como materia prima en la máquina de termoformado de vasos, la cual aplicando temperatura y presión prensa el material en un molde previamente establecido y salen los vasos.

4.3.5. Capacidad de producción

Para este caso el cálculo de la capacidad se basa en los equipos de la instalación que son en lo posible normalizados y similares a los industriales y un volumen de 600kg como satisfactorio de acuerdo a como lo proponen determinados autores [48], una vez reconocida la producción de plástico en Ecuador, sabiendo lo que puede producir una planta piloto y las características establecidas del producto a obtener, se toma como referencia para la capacidad de producción 500 kg de bioplástico para la fabricación de envases para reemplazar y disminuir así el porcentaje de consumo del plástico convencional en el Ecuador. A continuación se detalla la capacidad de producción desde la obtención del bioplástico, hasta la fabricación de envases

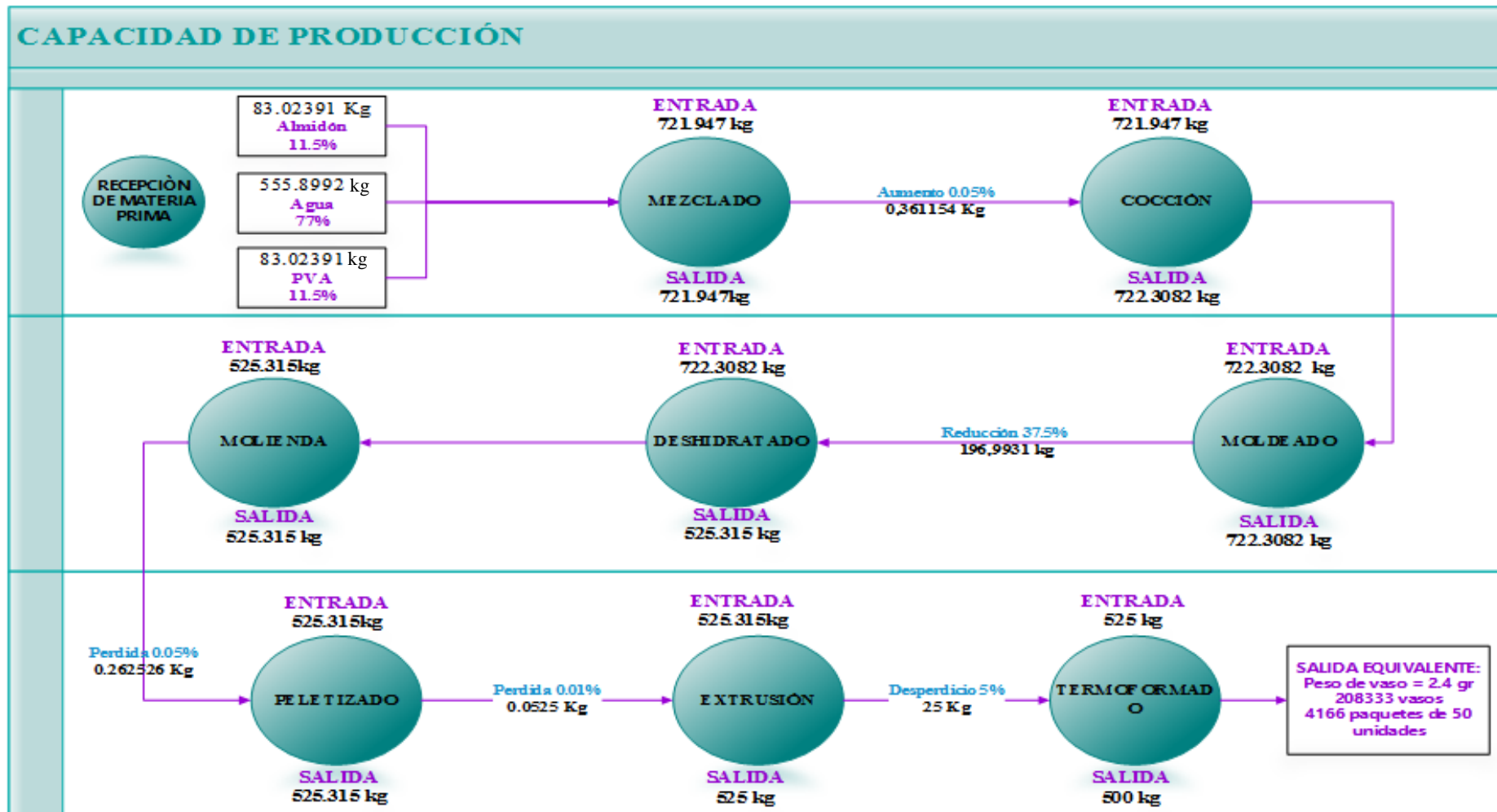



Figura 13 Capacidad de producción
Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.6. Selección de maquinaria

Las maquinarias y equipos que se utilizarán en el proceso productivo son electromecánicas, lo que significa que son máquinas accionadas por energía mecánica y eléctrica, y en algunas combinadas con energía hidráulica y calorífica; las maquinarias y equipos se cotizaron en páginas web del extranjero para la implementación de la planta, se consideró la capacidad de la producción para evaluar el requerimiento de la maquinaria utilizar, además, se tendrá que capacitar a los operadores para este tipo de maquinarias de ser necesario, para aprovechar al máximo el rendimiento de cada una de las máquinas que intervendrán en el proceso productivo.

A continuación, se muestra las especificaciones de las máquinas existentes en el mercado para la producción de bioplástico y elaboración de envases y que son necesarias para el proyecto.


Tabla 23 Características de extrusora

Máquina	Especificaciones		
	Nombre	Extrusora de doble tornillo	
	Marca	HAISI	
	Precio	\$40.000,00	
	Capacidad de producción	300 kg/h	
	Número de modelo	TSE-75B	
	Capacidad de maquinaria	600-1000 kg/h	
	Dimensiones (L*W*H)	4200x670x2200mm	
	Voltaje	380 V	
	Potencia	315 w	
	Peso	5 toneladas	
	Grado automático	Automático	
	Tomado de	https://spanish.alibaba.com/product-detail/twin-screw-extruder-glass-fiber-compound-water-strand-pelletizing-extrusion-machine-62125944247.html	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)


Tabla 24 Características de una Peletizadora

Máquina	Especificaciones	
	Nombre	Peletizadora
	Marca	YZ
	Precio	\$500,00 - \$2.500,00
	Capacidad de producción	400-480 kg/h
	Número de modelo	YZPM245S
	Dimensiones (L*W*H)	5000x1000x1500 mm
	Voltaje	380 V
	Potencia	18.5kw
	Peso	5000kgs
	Grado automático	Semiautomático
Tomado de	https://spanish.alibaba.com/product-detail/polystyrene-pp-pe-plastic-foam-making-pelletizer-machine-plastic-foam-recycling-system-60368969580.html?spm=a2700.8699010.normaList.100.6f9c44ccWYs1A	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)


Tabla 25 Características de la máquina de termoformado de vasos

Máquina	Especificaciones	
	Nombre	M. termoformado de plástico
	Marca	Wylong
	Precio	\$24.000,00
	Cap. de producción	10 molde/min
	Número de modelo	HTW160JD
	Dimensiones (L*W*H)	3.3*1.5*2.2m
	Voltaje	380 v
	Potencia	70kw
	Peso	4,5 ton
	Grado automático	Automático
Tomado de	https://spanish.alibaba.com/product-detail/zhejiang-ruian-660d-automatic-disposable-plastic-cup-making-and-thermoforming-machine-price-60748192134.html?spm=a2700.7724838.2017115.1.4c077305dCOZdU&s=p	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)


Tabla 26 Características de un túnel de secado

Máquina	Especificaciones		
	Nombre	Túnel de secado	
	Marca	Hento	
	Precio	\$5.000,00	
	Capacidad	1 m/min	
	Número de modelo	HT-WB6S	
	Dimensiones (L*W*H)	9390x760x1650mm	
	Voltaje	380 V	
	Potencia	9 kw	
	Peso	500 kg	
	Grado automático	Semiautomático	
	Tomado de	https://spanish.alibaba.com/product-detail/2017-hot-sale-drying-tunnel-for-food-60699302043.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.208a6735ae49RY	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)


Tabla 27 Características de una batidora industrial

Máquina	Especificaciones	
	Nombre	Batidora industrial
	Marca	JSMachine
	Precio	\$5.000,00
	Capacidad	2400-3600 kg
	Número de modelo	WLDH-6
	Dimensiones (L*W*H)	1900x2100x2100mm
	Voltaje	380 V
	Potencia	37-55 kw
	Peso	5300 kg
	Grado automático	Semiautomático
Tomado de	https://spanish.alibaba.com/product-detail/wldh-series-industrial-food-mixer-heated-60422066502.html#show_specifications	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)


Tabla 28 Características de un reactor autoclave

Máquina	Especificaciones	
	Nombre	Reactor Autoclave
	Marca	SEV
	Precio	\$1,900.00
	Capacidad	100L-500L
	Número de modelo	AVH50100
	Dimensiones (L*W*H)	131x205x65 cm
	Voltaje	380V
	Potencia	11KW / 3.6KW
	Peso	500 kg
	Grado automático	Semiautomático
Tomado de	http://www.sevmexico.com/categorias/productos/index.php?pr=379	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)


Tabla 29 Características de un Mezclador Industrial

Máquina	Especificaciones	
	Nombre	Mezclador industrial
	Marca	QIZEN
	Precio	\$ 3,450.00 - \$ 3,900.00
	Capacidad	5000 kg
	Número de modelo	QZ-5000
	Dimensiones (L*W*H)	2050x2050x4900 mm
	Voltaje	220 V/380 V
	Potencia	11 kw
	Peso	1000 kg
	Grado automático	Semiautomático
Tomado de	https://www.alibaba.com/product-detail/3000KGS-Big-vertical-plastic-color-mixer_507837714.html?spm=a2700.7724838.2017115.88.473a8743J0rFCg	

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Tabla 30 Características de un Montacargas

Máquina	Especificaciones	
	Nombre	Montacargas
	Marca	DGM
	Precio	\$ 21,000.00
	Capacidad de cargamento	7000 kg
	Número de modelo	CPCD70
	Dimensiones (L*W*H)	4800x1995x2500 mm
	Energía	Motor a diésel
	Peso	1000 kg
	Altura min. elevación	230 mm
	Tomado de	https://www.alibaba.com/product-detail/New-diesel-ForkLift-Truck-Montacargas-de_60661755779.html?spm=a2700.7724838.2017115.204.31e1117bAcwsZ2

Fuente: Investigación Directa

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.7. Disposición en planta

Para la elaboración del proyecto se toma en cuenta los equipos que se implementaran dentro del sistema productivo en la creación de una planta piloto. Se realiza una tabla de relación de actividades propuesta por Muther que evalúa la necesidad de proximidad entre las diferentes actividades y un análisis por el método de Guerchet para determinar el área requerida para las maquinarias teniendo en cuenta los requerimientos y dimensiones de cada uno de los equipos necesarios para el sistema de producción, se determina el sector en el que va a estar ubicado con el área total para ser el indicado para la instalación de la planta piloto.

4.3.7.1. Método de Guerchet

Este método se utilizó para el cálculo de las superficies que requiere una planta según las maquinarias necesarias para el proceso, bodegas de materiales, instalaciones auxiliares y personal operativo.

Tabla 31 Cálculo del área requerida

Estimación de Áreas Teóricas													
Elementos	Unidades n	Lados N	Largo (L)	Ancho (A)	Altura (h)	Ss = Area	Area total = Area x n	Sg= Ss x N	Área total x Altura	Se= k(Ss+Sg)	Por Unidad St	En Total St	
Elementos Moviles													
1 Operarios	10				1,7	0,5	5	0	8,5				
2 Montacargas	1		4,8	2,0	2,5	9,58	9,58	0	23,94				
							14,58		32,44				
Elementos Fijos													
1 Batidora Industrial	1	3	1,90	2,10	2,1	3,99	3,99	11,97	8,38	4,61	20,57	20,57	
2 Tunel de secado	2	3	9,39	7,60	1,7	71,36	142,73	214,09	235,50	82,43	367,89	735,78	
3 Peletizadora	2	4	5,00	1,00	1,5	5,00	10,00	20,00	15,00	7,22	32,22	64,44	
4 Reactor Autoclave	1	2	1,31	2,05	0,65	2,69	2,69	5,37	1,75	2,33	10,38	10,38	
5 Extrusora	2	4	4,20	6,70	2,2	28,14	56,28	112,56	123,82	40,63	181,33	362,66	
6 Termoformado de vasos	2	3	3,3	1,50	2,20	4,95	9,90	14,85	21,78	5,72	25,52	51,04	
7 Mezclador	1	2	2,05	2,05	4,9	4,20	4,20	8,41	20,59	3,64	16,25	16,25	
8 Departamento de producción	1	1	5,00	10,00	5	50,00	50,00	50,00	250,00	28,88	128,88	128,88	
9 Bodega de recepción de M.P.	1	1	10,00	10,00	5	100,00	100,00	100,00	500,00	57,76	257,76	257,76	
10 Bodega de productos terminados	1	1	10,00	10,00	5	100,00	100,00	100,00	500,00	57,76	257,76	257,76	
11 Area administrativa	1	1	10,00	10,00	5	100,00	100,00	100,00	500,00	57,76	257,76	257,76	
11 Departamento de calidad	1	1	5,00	10,00	5	50,00	50,00	50,00	250,00	28,88	128,88	128,88	
			67,15	73,00			629,79		2426,81				
Total Elementos	16									Superficie Total	m²	2292,14	

hm =	2,23
hf =	3,85
k= (hm/hf)/2	0,29

Ss= superficie estatica
 Sg= superficie gravitacional
 Se= superficie de evolución

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.7.2. Tabla relacional de actividades

Una vez identificadas las actividades que intervienen en el proceso de fabricación de envases a partir de bioplástico, se debe establecer un número de relaciones posibles de acuerdo con las necesidades para evitar errores en la tabla, se aplicara la siguiente formula, donde “n” es el número de actividades o zonas de trabajo, además de limitar los resultados de clasificaciones totales posibles con los rangos de porcentaje por cada necesidad.

$$\frac{n(n-1)}{2} = \frac{11(11-1)}{2} = 55 \text{ pares relacionados}$$

Tabla 32 Leyenda y cálculo para porcentaje de ajustes de necesidades

Necesidad	Rango de porcentaje	Porcentajes de clasificación
A = Absolutamente necesario	2-5%	(55*5%)=2.75≈3
E= Especialmente necesario	3-10%	(55*10%)=5.5≈6
I= Importante	5-15%	(55*15%)=8.25≈8
O= Poco importante	10-25%	(55*22%)=12.1≈12
U= Sin importancia	Los restantes	(55*48%)=26.4≈26
TOTAL		55 Pares

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Detallados cuantos pares relacionados y el número de clasificación es importante determinar la cercanía necesaria entre las áreas de la planta piloto, de acuerdo a eso se procede a elaborar la tabla de relación de actividades. En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras, siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (Importante), O (Poco importante) y U (Sin Importancia) y la motivación correspondiente, como se explica en la siguiente tabla.

Tabla 33 Leyenda para tabla relacionada de actividades

Motivación	Necesidad	Color asociado
1. Proximidad en el proceso	A = Absolutamente necesario	Rojo
2. Control	E= Especialmente necesario	Amarillo
3. Seguridad del Producto	I= Importante	Verde
4. Accesibilidad	O= Poco importante	Azul
5. Ruidos	U= Sin importancia	Negro/ Blanco

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

La aplicación de éste método permitió diseñar la distribución del proceso productivo, donde reduce el tiempo de transporte de materia prima, insumos, productos en proceso y producto terminado. En la siguiente figura se expresan las relaciones entre áreas mediante el gráfico de interrelaciones.

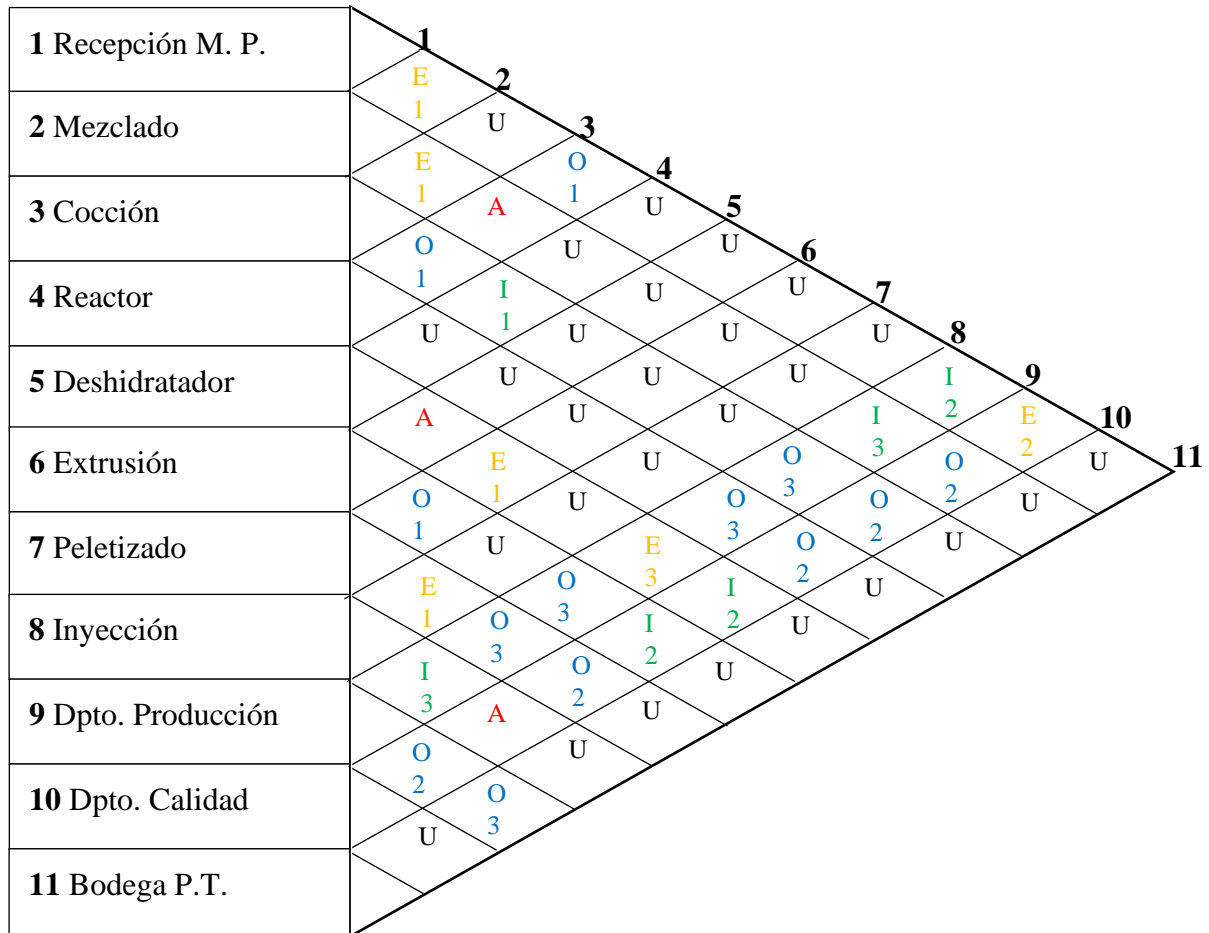


Figura 14 Tabla relacional de actividades
Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.7.3. Layout de la planta

Finalmente se desarrolló el layout de la planta como resultado de la aplicación de los métodos de Guerchet y Tabla Relacional se pudo obtener la distribución final que tendrá la planta piloto para la obtención de envases elaborados de material bioplásticos, donde se muestran las áreas que conforman la planta, así como la maquinaria a utilizar para el proceso.

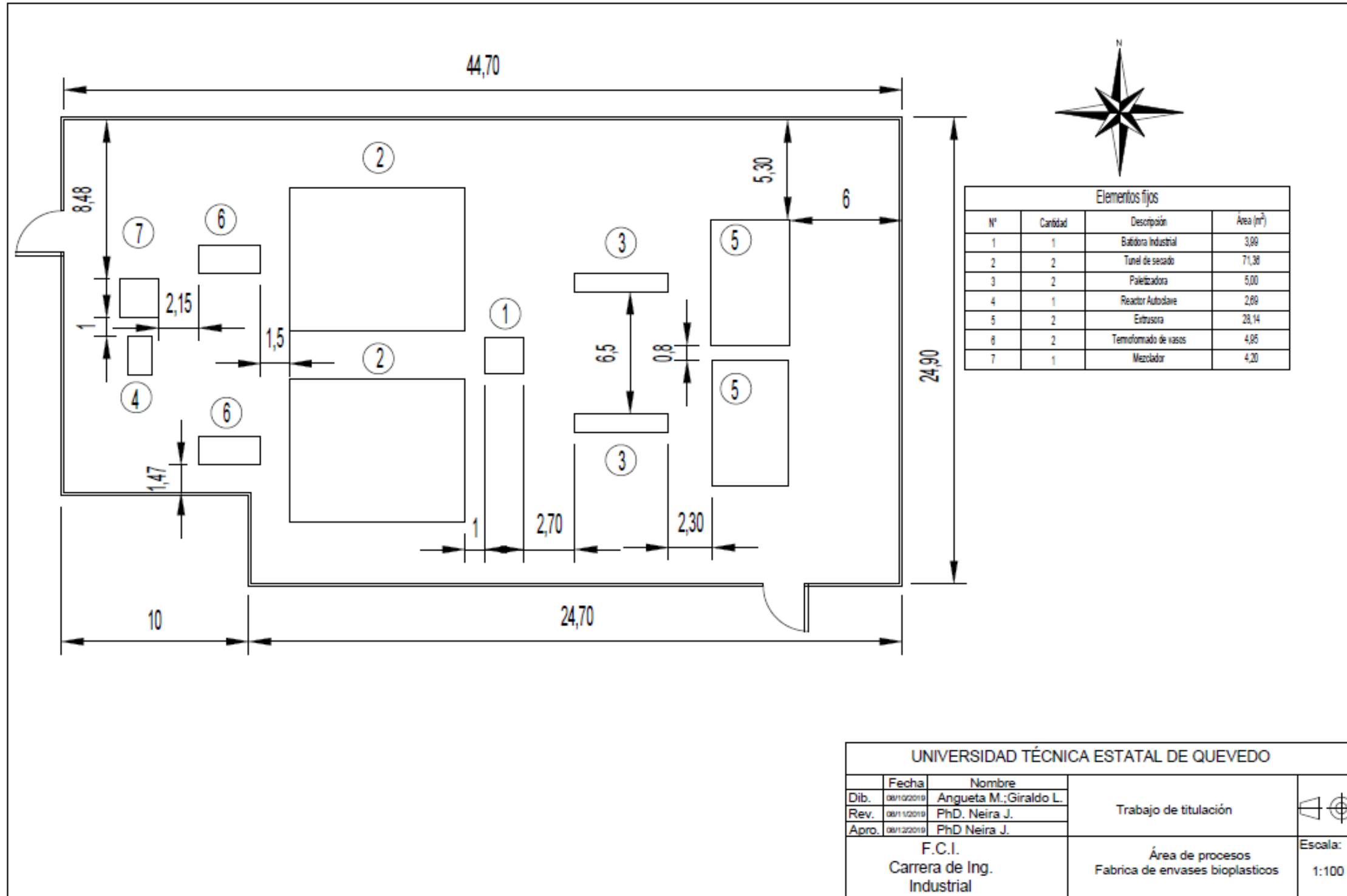


Figura 15 Layout del área de producción
 Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

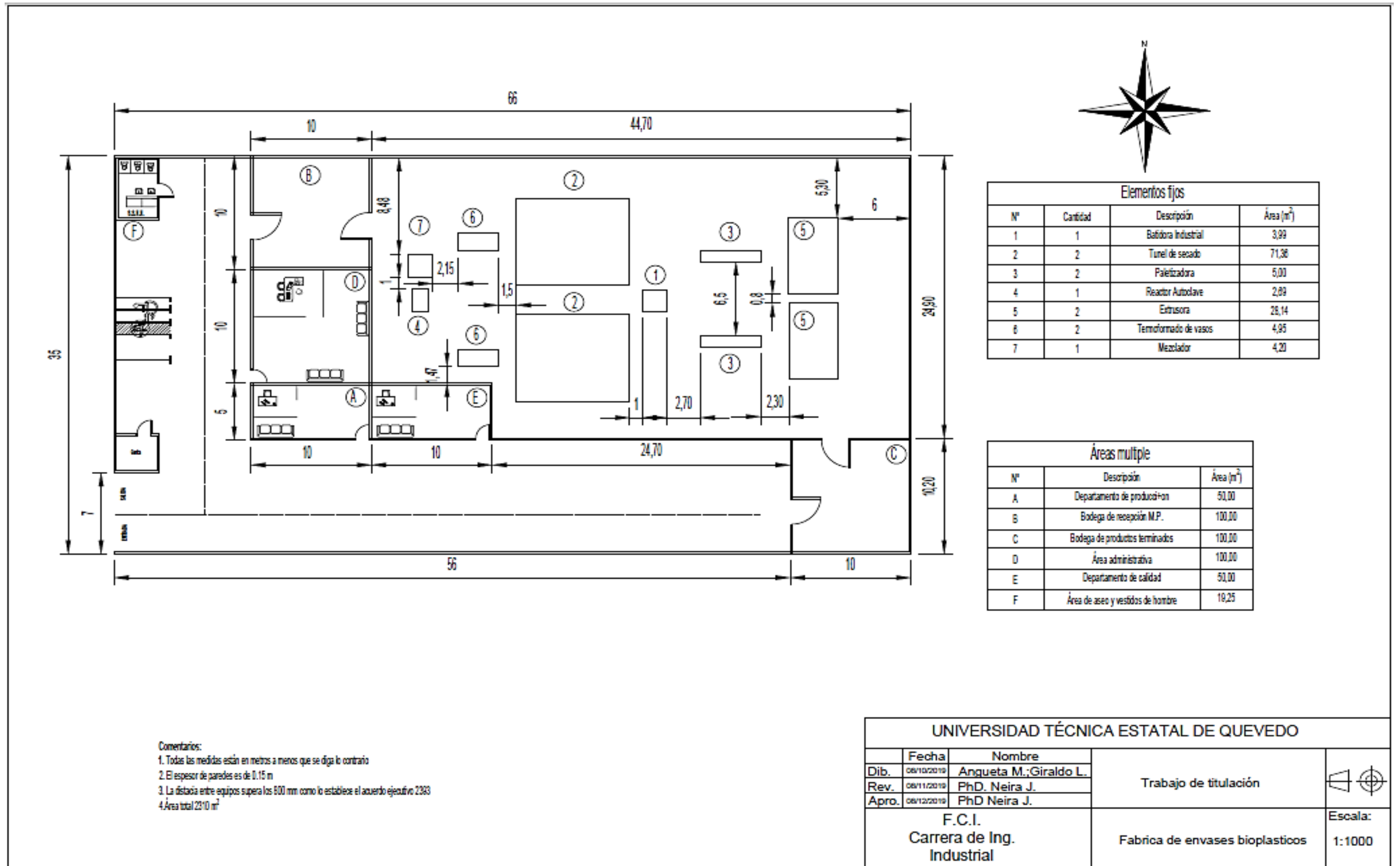


Figura 16 Layout de planta de bioplásticos
 Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.8. Proyecto de inversión

4.3.8.1. Inversión total

La inversión total del proyecto se detalla a continuación.

Tabla 34 Inversión total para elaboración de bioplástico

ESPECIFICACIONES	SUBTOTAL	TOTAL
ACTIVO CIRCULANTE		943901,71
Costo Primo		863814,58
Materia Prima Directa	839761,94	
Mano de Obra Directa	24052,63	
Costos Indirectos de Fabricación		28542,22
Depreciación de Maquinaria	14819,75	
Luz, agua, teléfono	13722,47	
Gastos Administrativos y Ventas		51544,92
Sueldos y Salarios	24052,63	
3% Imprevistos	27492,28	
ACTIVOS FIJOS		174350,00
Terreno	30000,00	
Maquinaria	174350,00	
TOTAL DE INVERSIÓN		1118251,71

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Interpretación: Se determinó que el costo total de la inversión del proyecto será de \$1118251,71

4.3.8.2. Inversión Inicial de Activos fijos

En la inversión inicial de activos fijos se detallan las máquinas y equipos necesarios para el funcionamiento del área de producción donde se dará a conocer la cantidad, la descripción, el valor unitario, el valor total, el valor residual y la depreciación.

Tabla 35 Activos fijos

Cantidad	Descripción	Valor unitario	Valor total	Valor residual	Depreciación
1	Montacargas	21000.00	21000.00	3150	1785
1	Mezclador industrial	3450.00	3450.00	517.5	293.25
1	Reactor autoclave	1900.00	1900.00	285	161.5
1	Batidora industrial	5000.00	5000.00	750	425
2	Extrusora	40000.00	80000.00	12000	6800
2	Túnel de secado	5000.00	10000.00	1500	850
2	Peletizadora	2500.00	5000.00	750	425
2	Termoformado plástico	24000.00	48000.00	7200	4080
TOTAL			\$ 174350.00	\$ 26152.50	\$ 14819.75

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Interpretación: El presupuesto obtenido de las maquinarias es de \$174350 el mismo que tiene un valor de 10 años y una depreciación al 15%.

4.3.8.3. Costos y Gastos

Se determinan los costos para el proyecto de inversión, adquiriendo un préstamo de \$1014111 que será financiado por la Corporación Financiera Nacional (CFN) con una tasa de 9.33% a 90 meses los cuales serán cancelados con pagos de \$15708,34.

Tabla 36 Costos y gastos del proyecto de inversión

DESCRIPCIÓN	COSTO FIJO	COSTO VARIABLE	COSTO TOTAL
ACTIVO CIRCULANTE			
Costo Primo			
Materia Prima Directa		839761,94	839761,94
Mano de Obra Directa		24052,63	24052,63
Costos Indirectos de Fabricación			
Depreciación de Maquinaria	14819,75		14819,75
Luz, agua, teléfono		13722,47	13722,47
Gastos Administrativos			
Sueldos y Salarios	24052,63		24052,63
Gastos de Venta			
3% Imprevistos	27492,28		27492,28
Gastos Financieros			
Intereses		399639,30	399639,30
Amortización		1014111,00	1014111,00
TOTAL	66364,67	2291287,35	2357652,01

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.8.4. Presupuesto de ingresos por ventas

Una vez establecidos los costos fijos y variables se detallan los ingresos a obtener por las ventas en el primer trimestre del 2020 con un margen de utilidad del 10%.

Tabla 37 Ingresos de ventas

Periodo Primer trimestre	Unidades En paquetes	Costo Unidad	Margen de Utilidad	Precio de Venta	Ingresos Totales
2020	49999,92	0,94	0,09	1,04	51999,92

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Interpretación: En este cuadro muestra que las unidades a producir en este periodo es de 2499996 unidades; éstas serán vendidas en paquetes de 50 unidades con el costo de \$0.94 el precio de venta se estima de \$1.04 considerando un margen de utilidad del 10%.

4.3.8.5. Flujo de efectivo

Tabla 38 Flujo de efectivo de la producción

INGRESOS		
Entrada de Efectivo por Ventas	2593417,21	
TOTAL DE INGRESOS		2593417,21
EGRESOS		
Materia Prima		
Directa	839761,94	
Mano de Obra		
Directa	24052,63	
Gastos de Administración y Ventas		
Sueldos y Salarios	24052,63	
Costos Indirectos de Fabricación	28542,22	
Amortización	64318,94	
Intereses	61347,76	
TOTAL DE EGRESOS		1042076,12
TOTAL FLUJO DE EFECTIVO		1551341,09

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

4.3.8.6. Punto de equilibrio

4.3.8.6.1. PE en función de la Capacidad Instalada

$$PE = \frac{CF}{VT - CV} * 100 = \frac{66364,67}{2593417,21 - 2291287,35} * 100 = 21,97\%$$

4.3.8.6.2. PE en función de los Ingresos (Ventas)

$$PE = \frac{CF}{1 - \frac{CV}{VT}} = \frac{66364,67}{1 - \frac{2291287,35}{2593417,21}} = 569659,90 \text{ dólares}$$

4.3.8.6.3. PE en función de las Unidades Producidas

$$CV_u \frac{CV}{UP} = \frac{2291287,35}{2499996,00} = 0,92 \text{ dólares}$$

$$PE = \frac{CF}{PV_u - C_{vu}} = \frac{66364,67}{1,04 - 0,92} = 549139,36 \text{ unidades}$$

El punto de equilibrio se produce cuando la planta trabaja a una capacidad del 21,97% y tiene unas ventas de 569659,90 dólares.

El punto de equilibrio se produce cuando la planta produce 549139,36 unidades o cuando sus ingresos son de 569659,90 dólares. En este punto la cooperativa ni gana ni pierde.

4.3.8.7. Indicadores de evaluación

Se determinaron para evaluar la viabilidad financiera que posee la implementación del diseño para la producción de bioplástico y elaboración de envases. En la siguiente tabla se establecen los valores de los indicadores.

Tabla 39 Indicadores

Indicadores económicos	Valores
Valor actual neto (VAN) en dólares	8795726,91
Tasa interna de retorno (TIR) %	30,32
Periodo de recuperación de inversión	9,34 = 9 años, 4 meses y 22 días.

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Se logra para la implementación del proyecto un valor actual neto de \$ 8795726,91 con una tasa de retorno del 30,32% cifras que garantizan la rentabilidad del sistema de producción y se determina una recuperación de la inversión para 9 años, 4 meses y 22 días.

4.3.9. Discusión

El sistema de producción de bioplástico cuenta con varias actividades que se establecieron en un diagrama de flujo para tener una secuencia específica de las operaciones que influyen dentro de la fabricación de envases. Se realizó un estudio de la producción de plásticos en Ecuador para establecer la capacidad de la planta piloto, donde se va a obtener por cada 721.947 kg de materia prima mezclada una salida de 525.315 kg de bioplástico, por lo tanto se encuentra dentro del rango establecido ya que varios autores [48] proponen, que la capacidad del tamaño de una planta piloto oscila entre 10 kg a nivel de laboratorio hasta 600 kg del nivel semi-industrial.

La disposición de la planta cuenta con un área total de 2292.14 m², se utilizó el método propuesto por Guerchet [49] para calcular el área que requiere cada actividad que requiere cada operación, se identificó toda la maquinaria que intervendrá en el proceso así como el personal y las necesidades previstas para vías de acceso y servicios. Se evaluó la proximidad entre las diferentes actividades utilizando la tabla relacional de actividades propuesta por Muther [49] (TRA) estableciendo criterios y una escala para evaluarlas teniendo como resultado un total de 55 pares relacionados.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que todos los tratamientos forman películas, al evaluar las propiedades físicas y mecánicas mediante un análisis de ANOVA multifactorial se obtuvo como resultado que el almidón de yuca y el PVA tienen una buena interacción, en este caso se debería trabajar con almidón de yuca, agua destilada y alcohol polivinílico lo que posibilita realizar un termoformado para obtener envases, ya que posee la capacidad de adaptarse a un molde.

A partir de las fichas técnicas de los plásticos convencionales y el bioplástico obtenido se estableció que tiene características adecuadas para la fabricación de envases, en la fase experimental se obtuvo un vaso de bioplástico a nivel laboratorio con particularidades similares a los convencionales pero sin los detalles que tiene un vaso fabricado por medio del termoformado.

Se diseñó el proceso para elaborar bioplástico con un enfoque industrial para la elaboración de envases que consta de recepción de la materia prima, mezclado, cocción, moldeado, deshidratado, molienda, peletizado y termoformado, estableciéndose una capacidad de producción semanal de 4166 paquetes de 50 vasos. El layout de la planta se diseñó en función a los requerimientos de la empresa, además, el estudio económico refleja la factibilidad del proyecto ya que el valor del VAN es de \$8'795.726,91 lo que significa que es rentable mientras que el TIR su porcentaje fue de 30,32% mayor del 12%, lo cual superó lo esperado, también se calculó el periodo de recuperación del capital es de 9 años, 4 meses y 22 días.

5.1. Recomendaciones

Al momento de elaborar el bioplástico hay que considerar la temperatura con la que se trabaja, al deshidratar la lámina debe mantenerse una temperatura de 70 °C, ya que si se aumenta tiende a formar películas quebradizas y de baja resistencia.

Debe continuarse con la investigación utilizando maquinarias para el estudio de nuevas variables como temperatura, presión y tiempo que puedan afectar el proceso de obtención del bioplástico y posteriormente la fabricación de envases para proporcionar una presentación más estética del producto.

El diseño de planta propuesto debería ser aprovechado ya que se realizó con el fin de generar un nuevo mercado de envases que ayuden a disminuir la contaminación en el medio ambiente y llevar a cabo la fabricación de productos eco amigables los mismos que una vez usados se conviertan en materia orgánica siendo una fuente de abono para los suelos, además, es recomendable la implementación de la planta piloto que expresa que el periodo de retorno del capital se lo conseguirá en 9 años.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- [1] M. d. P. Farfán Floriano , J. C. Maza Nilupú , E. J. Navarro Macalupú , O. A. Saavedra Ipanaque y K. S. Yamunaqué Juárez , «DISEÑO DE UN SISTEMA PRODUCTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE BOLSAS BIODEGRADABLES A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA EN LA EMPRESA POLÍMEROS DEL NORTE S.A.C.» UNIVERSIDAD DE PIURA, PIURA, 2018.
- [2] M. Thielen, «Envases Plásticos,» Bioplastics Magazine, 2017.
- [3] J. V. L. Álvarez, «Bióplásticos: efectos e impactos sobre la gestión de los envases,» CRONAMA, Madrid, 2010.
- [4] E. L., «Determinación de la biodegradabilidad y toxicidad de materiales plásticos,» de Tesis de grado , Cartagena, Universidad politécnica de Cartagena, 2011.
- [5] J. L. R. Corona, «Características térmicas, reológicas y estructurales de almidon de sorgo adicionado con lucílago de nopal,» Yautepec, Mexico, 2015.
- [6] X. E. CASTELLS, VALORACIÓN DE RESIDUOS PROCEDENTES DE GRANDES INDUSTRIAS. RECICLAJE DE RESIDUOS INDUSTRIALES, Madrid: DÍAZ DE SANTOS, 2012.
- [7] A. Rodríguez, «BIODEGRABILIDAD DE MATERIALES BIOPLASTICOS,» Vol.22, No.3, La Habana, 2012.
- [8] R. Hoover, «Carbohydrate Polymmers,» de Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: a review., 2001, pp. 342-347.
- [9] J. A. Duran, M. A. Morales y Y. L. Roland, «Formulación para la obtención de un polimero biodegradable a partir de almidon de yuca, variedad MBRA383,» Cali-Colombia, 2005.
- [10] J. Aristizábal y T. Sánchez, Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca, Roma: ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, 2007.
- [11] X. Muñoz, F. Hinostroza y M. Mendoza, «La yuca en Ecuador: su origen y diversidad genética,» Universidad Agraria del Ecuador, Portoviejo - Ecuador, 2017.

- [12] Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, «INIAP Portoviejo 651 - Variedad de yuca para la producción de almidón,» INIAP - SENESCYT, Portoviejo - Santa Ana.
- [13] C. Trujillo Rivera, «OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA,» Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Puerto Maldonado, 2014.
- [14] H. Deras Flores, «Guía Técnica El cultivo del maíz,» IICA, El Salvador.
- [15] Estación Experimental Tropical Pichilingue, «INIAP H-553 Híbrido de Maíz para la zona central del Litoral,» INIAP, Quevedo - Los Ríos, 2010.
- [16] A. V. Quiñonez García, «Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz,» ESCUELA ESPECIALIZADA EN INGENIERÍA ITCA – FEPADE, Santa Tecla, 2015.
- [17] ASTM International, «ASTM D883-19b Terminología estándar relacionada con los plásticos,» ASTM International, West Conshohocken, 2019.
- [18] Agua pura y sana, «Agua pura y sana,» [En línea]. Available: http://aguapuraysana.com/pdf/Agua_destilada02.pdf.
- [19] Fabricación y Venta de Alcohol de Polivinilo, «Alcohol Polivinilo,» [En línea]. Available: <https://alcoholdepolivinilo.com/>. [Último acceso: 31 Agosto 2019].
- [20] E. Hernández B, R. Cruz R, F. Robledo S y L. Santoyo M, «Caracterización del alcohol polivinílico usado en recubrimientos de base acuosa,» Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas, vol. 38, nº 2, pp. 15-25, 2007.
- [21] C. De Villanova, El libro blanco de la salud dental natural, Barcelona: Almuzara, 2018.
- [22] PortalFrutícola, «PortalFruticola.com,» 07 Junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/06/07/la-urea-caracteristicas-ventajas-y-desventajas-de-esta-fuente-nitrogenada/>. [Último acceso: 31 Agosto 2019].
- [23] D. Plackett, Biopolymers-New Materials for Sustainable Films and Coating, Roskilde: Universidad Técnica de Dinamarca, 2011.
- [24] A. Romero Gutiérrez, «Diseño, análisis reológico y procesamiento de mezclas inyectables para la fabricación mediante tecnología MIM de diferentes

- componentes metalicos,» Universidad de Castilla - La Mancha, Ciudad Real, 2016.
- [25] N. Montanes, Sanchez-Nacher, R. M.J., F. O. y B. T., «Análisis y modelizado reológico de polímeros para su aplicación con tecnologías “auto-rizado” y su adaptación a las prácticas de Ingeniería de Materiales Poliméricos,» Universidad Politecnica de Valencia, Valencia, 2017.
- [26] INSTITUTO NACIONAL ECUATORIANO DE NORMALIZACION, NTE INEN 1462 Granos y cereales. Determinación del contenido de humedad, Quito: INEN, 1987.
- [27] ASTM International, ASTM E96 Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials, West Conshohocken: ASTM, 2016.
- [28] M. A. BERTUZZI, M. ARMADA, J. C. GOTTIFREDI, A. R. APARICIO y P. JIMENEZ, «Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de films comestibles para recubrir alimentos,» Universidad Nacional de Catamarca, Buenos Aires, 2014.
- [29] AIMPLAST, «“Biopolímeros. Procesabilidad y Casos de Estudio,» Instituto Tecnológico de Plásticos, Valencia, 2011.
- [30] M. M. CHARRO ESPINOSA, «OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA,» UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, Quito, 2015.
- [31] M. Bernal y A. Marcilla, TECNOLOGIA DE POLIMEROS, ALICANTE: UNIVERSIDAD DE ALICANTE, 2014.
- [32] . M. Beltrán y A. Marcilla , «Tecnología de Polímeros.,» Universidad de Alicante, Alicante, 2011.
- [33] D. F. MARTINEZ ESCOBAR, «DISEÑO DE UN MOLDE DE INYECCION DE PLASTICO-POLIPROPILENO PARA LA FABRICACION DE UN COMEDERO PARA PERROS,» FUNDACION UNIVERSIDAD DE AMERICA, BOGOTA, 2017.
- [34] UNIVERSIDAD DE OVIEDO, «Otros métodos Conformado de plásticos,» UNIVERSIDAD DE OVIEDO, OVIEDO, 2014.
- [35] R. Carro Paz y D. González Gómez, «SISTEMA DE PRODUCCION Y OPERACIONES,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA, BUENOS AIRES.

- [36] M. Díaz de los Ríos, «Experimentación en plantas piloto,» Ingeniería Química, 2016.
- [37] A. Freivalds y B. W. Niebel, Metodos, estandares y diseño del trabajo, vol. 11, Alfaomega, 2004.
- [38] A. VALENCIA NAPÁN, «INGENIERÍA DE PLANTAS - CÁLCULO DE ÁREAS,» Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, 2017.
- [39] REMAR, Red de Energia y Medio Ambiente, «Bioplásticos,» Gobierno de Vasco, 2011.
- [40] A. C. P., «DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA OBTENER PLASTICO BIODEGRADABLE (TPS) A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA manihot sculenta.,» Lambayeque-Perú, 2015.
- [41] Centros Tecnológicos de España - FEDIT, «Bioplásticos,» LEIA , España, 2007.
- [42] A. Valencia, C. Rivera y E. Murillo, « ESTUDIO DE LAS PROPIEDADES DE MEZCLAS DE ALCOHOL POLIVINÍLICO, ALMIDÓN DE YUCA-SORBITOL OBTENIDAS POR CASTING,» Revista Colombiana de Materiales, Medellín, Antioquia, 2013.
- [43] G. Ruiz, C. Montoya y M. Paniagua, «DEGRADABILIDAD DE UN POLÍMERO DE ALMIDON DE YUCA,» Revista EIA, Medellín, Colombia, 2009.
- [44] D. Escobar, «Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador,» REVISTA DEL LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY, URUGUAY, 2009.
- [45] J. GRANDA SÁNCHEZ y Y. RAMOS CONTRERAS, «ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DEFORMACIÓN DE BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE SOLANUM TUBEROSUM A DIFERENTES PORCENTAJES DE PLASTIFICANTE,» UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, TRUJILLO, 2019.
- [46] I. Rodriguez B., «Fichas tecnicas de empaqu,envase y embalaje,» Envapack, Bogotá, 2013.
- [47] D. M. ZAMBRANO MUÑOZ, «ANÁLISIS ECONÓMICO DEL RECICLAJE Y EL CUIDADO DEL MEDIO AMBIENTE EN EL ECUADOR,» UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, GUAYAQUIL, 2017.

- [48] O. Pino Garcia, U. Jauregui Haza y I. Quiñones García, «La Planta Piloto y el Escalado de Procesos de Obtención de Principios Activos para Medicamentos por Síntesis Química,» Farm. Bonaerense, La Habana.
- [49] A. C. Vanaclocha, Diseño de Industrias Agroalimentarias, 2004, Ediciones Mundi-Prensa ed., Madrid-Mexico-Barcelona, 2005.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

7.1. Anexos

Anexo 1 Pruebas de Múltiple Rangos para % de Humedad por Almidones

<i>Almidones</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0-Maíz	71.9222	A
a1-Yuca	78.9233	B

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) - Statgraphics

Anexo 2 Pruebas de Múltiple Rangos para % de Humedad por Plastificantes

<i>Plastificantes</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b0-Glicerina	69.6683	A
b2-Urea	75.7167	A B
b1-PVA	80.8833	B

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) - Statgraphics

Anexo 3 Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la tracción por Almidones

<i>Almidones</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a0-Maíz	0.281111	A
a1-Yuca	0.305556	B

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) - Statgraphics

Anexo 4 Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la tracción por Plastificantes

<i>Plastificantes</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
b2-Urea	0.2483	A
b1-PVA	0.3	B
b0-Glicerina	0.3316	C

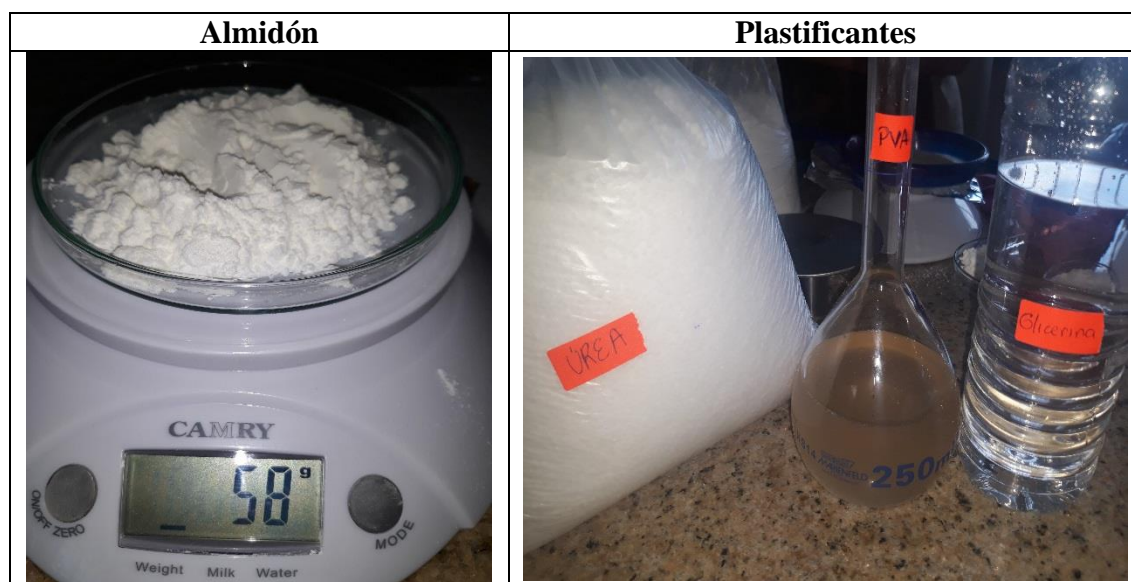
Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019)

Anexo 5 Pruebas de Múltiple Rangos para Resistencia a la tracción para Interacción A*B

<i>Almidones</i>	<i>Plastificantes</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
a ₁ -Yuca	b ₂ -Urea	0.22	A
a ₀ -Maíz	b ₁ -PVA	0.24	A B
a ₀ -Maíz	b ₂ -Urea	0.027	B
a ₀ -Maíz	b ₀ -Glicerina	0.33	C
a ₁ -Yuca	b ₀ -Glicerina	0.34	C
a ₁ -Yuca	b ₁ -PVA	0.36	C

Elaborado por: Angueta. M.; Giraldo. L. (2019) - Statgraphics

Anexo 6 Materiales utilizados



Anexo 7 Procedimiento en laboratorio



Anexo 8 Preparación



Anexo 9 Obtención de láminas

